



HAL
open science

La première saccade sur les peintures et les sculptures : études in situ et implications théoriques

Magali Seille

► **To cite this version:**

Magali Seille. La première saccade sur les peintures et les sculptures : études in situ et implications théoriques. Art et histoire de l'art. Université Paris Cité, 2021. Français. NNT : 2021UNIP5273 . tel-04539844

HAL Id: tel-04539844

<https://theses.hal.science/tel-04539844>

Submitted on 9 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE DOCTORALE 566 SCIENCES DU SPORT, DE LA MOTRICITÉ ET DU MOUVEMENT HUMAIN

Laboratoire IRIS Physiopathologie de la Vision et Motricité binoculaire

SPÉCIALITÉ : SCIENCES DU MOUVEMENT HUMAIN

Présentée par

Magali SEILLE

La première saccade sur les peintures et les sculptures :
Études *in situ* et implications théoriques.

Thèse sous la direction de Zoï Kapoula

Présentée et soutenue publiquement le 30 mars 2021, devant le jury composé de :

Pr. Dominique BREMOND-GIGNAC Examinatrice

Dr. Denis CERCLET Rapporteur

Dr. Jérôme DOKIC Rapporteur

Dr. Zoï KAPOULA Directrice de thèse

Pr. John STEIN Examineur

Dr. Marine VERNET Examinatrice

Marina-Pia VITALI Personnalité invitée



Vera Molnar, *Carrés non concentriques de 20 gris différents*, 74 x 74 cm, collage, 1976, collection particulière.

« L'œuvre picturale est avant tout sensible, elle s'adresse à l'œil. »
(Véra Molnar)

En peinture, le regard est d'abord global,
mais il peut se renouveler, revenir, revoir
et transformer sa vision de l'espace pictural.

Paul Klee, *La Pensée créatrice*.

Comme un beau cadre ajoute à la peinture,
Bien qu'elle soit d'un pinceau très vanté,
Je ne sais quoi d'étrange et d'enchanté
En l'isolant de l'immense nature.

Baudelaire, « Le cadre », *Les Fleurs du Mal*.

J'appelle « voies pyramidales » les lignes qui partent des surfaces et contours des corps et parviennent, en concourant de loin, à un point commun (...), et ce point, placé dans l'œil, reçoit en lui les sommets de toutes les pyramides.

Traité sur la peinture

L. de Vinci

La chose vécue n'est pas retrouvée ou construite à partir des données des sens, mais s'offre d'emblée comme le centre d'où elles rayonnent. Nous voyons la profondeur, le velouté, la mollesse, la dureté des objets, Cézanne disait même : leur odeur.
Merleau Ponty, *Sens et Non-Sens*.

Résumé

La thèse présente quatre études qui s'appuient sur des données recueillies lors des enregistrements d'eye tracking réalisés au musée des Beaux-Arts de Rouen en juin et en juillet 2013. Les résultats de ces quatre études montrent l'intérêt d'analyser la première saccade sur des peintures et des statues dans un contexte muséal.

La première étude analyse la première saccade sur des tableaux de peinture. L'étude montre une attirance de la première saccade vers le centre des tableaux en contexte muséal. Cette attraction pour le centre des tableaux s'observe chez tous les groupes de sujets, mais elle est significativement moins marquée chez les novices qui ne fréquentent jamais les musées. C'est chez les amateurs, qui fréquentent régulièrement les musées, que la prégnance centrale s'observe le plus fréquemment. Dans le groupe d'experts, constitué de peintres et d'enseignants en histoire de l'art, et dans une moindre mesure dans le groupe des amateurs, la composition picturale est un facteur important pour déterminer l'orientation de la première saccade. Les experts semblent adopter une stratégie d'entrée dans l'œuvre en visant dès la première saccade un endroit clé qui livre le maximum d'informations visuelles, le centre lorsque le sujet principal y figure, ou une zone périphérique lorsque le sujet principal est excentré ou décalé.

Une deuxième étude montre que la tendance à viser le centre d'un tableau dès la première saccade ne s'observe pas chez les enfants de 5 ans, mais qu'elle commence à s'observer chez les enfants de 8 à 10 ans, même si elle est moins marquée que chez les adultes novices en art.

Les résultats de la troisième étude montrent un comportement oculomoteur très différent sur les statues. L'analyse de la première saccade sur des statues montre une tendance très nette à viser en premier une extrémité saillante, et non le centre, contrairement aux tableaux de peinture. L'étude conclut à un comportement oculomoteur spécifique pour les statues, déterminé par la présence physique avec ces corps de pierre dans lesquels les sculpteurs ont su exprimer un mouvement et mettre en valeur l'apogée de ce mouvement dans une extrémité particulièrement attirante pour le regard.

Une quatrième étude subsidiaire, qui ne porte pas sur la première saccade, met en évidence un comportement oculomoteur particulier lors de la perception d'une illusion de mouvement et de profondeur.

La thèse conclut que la première saccade est un puissant indicateur du comportement oculomoteur et de notre rapport aux œuvres d'art.

Abstract

The thesis presents four studies in which eye tracking data were collected at the Musée des Beaux-Arts in Rouen in June and July 2013. Overall, the results of those four studies highlight the knowledge gained from the analysis of the very first saccade in a museum context, when people look at paintings and statues.

The first study analyses how viewers orient their first saccade on paintings. This study shows that, in a museum, the first saccade is attracted towards the center of paintings. This attraction toward the paintings' center is found in all the subjects' groups that we have studied. Noteworthy, this effect is significantly less pronounced in individuals who never visit museums. It is among amateurs, who often visit museums, that the center attracts the most the first saccade. Among experts, painters or art history teachers, and to a lesser extent among amateurs, the pictorial composition largely determines the orientation of the first saccade. We indeed found that, as soon as the first saccade, experts orient their gaze toward the main subject. This phenomenon seems to be explained by the fact that experts immediately orient their gaze (here measured as the first saccade) toward the paintings' location conveying the most meaning. It can either be the center, or a peripheral area, depending on whether the paintings' most meaningful subject is located centrally or peripherally.

The second study shows that the center does not attract the first saccade in 5-year-old children. This behavior appears later, in 8- to 10-year-old children. However, noticeably, the 8-10-year old children orient significantly less frequently their first saccade toward the paintings' center as adults do, and this is also true when one considers non-expert adult viewers.

The results of the third study focus on statues and reveal a very different oculomotor behavior: indeed, rather than looking at the center, statues' viewers exhibit a clear tendency to saccade first at the statues' contours. This stands in contrast with the behavior that we observe with paintings. Our study concludes that statues trigger a specific oculomotor behavior. The latter appears to be mostly driven by the physical presence that stone bodies incarnate. The movement and the climax of this movement, that sculptors manage to convey, thus turn out to attract the gaze in a unique fashion.

A fourth subsidiary study, which does not investigate the first saccade, reveals a particular oculomotor behavior specifically observed during motion and depth illusions.

The thesis concludes that the first saccade is a powerful indicator of the oculomotor behavior that greatly improves our comprehension of the unique relationship between a viewer and artworks.

Remerciements

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont accueilli avec enthousiasme mon projet de recherche et qui ont souhaité m'aider à le réaliser.

Dans l'ordre chronologique de l'aventure, je remercie tout d'abord tous ceux qui ont permis que les enregistrements d'eye tracking en contexte muséal puissent avoir lieu. Tout d'abord, je remercie le musée des Beaux-Arts de Rouen : son conservateur Sylvain Amic qui a accepté les enregistrements durant toute la période de l'exposition, les facilités d'accès et la gratuité d'entrée pour tous les participants ; l'administration du Musée pour sa contribution financière dans la location de l'eye tracker ; la responsable du service des publics, Sophie Rousselet et la conférencière Corinne Laoues pour la mise en place de l'expérience ; j'ai une pensée particulière pour les conférenciers Corinne Laoues et Olivier Clément qui ont généreusement pris le temps de partager leurs connaissances et leurs analyses sur les œuvres exposées, notamment sur la composition des œuvres, je me souviens de nos échanges riches et passionnants.

Je remercie l'Institut Nicod de s'être porté garant auprès de la société Tobii, et Jérôme Dokic pour son rôle d'intercesseur.

Je remercie La société Tobii de m'avoir permis de louer du matériel professionnel alors que je ne faisais pas partie d'un laboratoire. Je remercie particulièrement Antoine Luu et Léopoldine Brand pour leur formation à l'eye tracking, leur sympathie, leur intérêt pour mon expérience, leurs réponses à mes questions tout au long de l'élaboration de la thèse.

Sans leur participation, les études n'auraient pu être réalisées, je remercie vivement les 55 volontaires qui ont accepté que j'enregistre le mouvement de leurs yeux et nos échanges verbaux sur les tableaux. Je remercie les parents des jeunes enfants pour la confiance accordée, et les novices qui ont accepté de se prêter à l'expérience alors que les musées ne sont pas un lieu qu'ils fréquentent habituellement, les amateurs et les experts pour nos échanges après l'expérience, et notamment pour certaines analyses mémorables sur les tableaux.

Je remercie vivement Zoï Kapoula d'avoir accepté d'être ma directrice de thèse et de m'avoir guidée pour trouver comment organiser les données recueillies. Son esprit critique, ses questions ciblées et percutantes et son ouverture d'esprit m'ont permis de prendre le recul nécessaire pour la rédaction de la thèse ; sa passion, sa liberté d'esprit, ses idées innovantes m'ont permis de découvrir une facette passionnante du domaine de la recherche.

Je remercie Marine Vernet et John Stein pour leurs conseils lors des comités de thèse. Je remercie Qing Yang pour son expertise statistique, sa disponibilité et sa gentillesse.

Je remercie les amis qui m'ont encouragée et aidée dans cette aventure. Une pensée particulière pour Claire Givord, son aide et sa motivation dans le recrutement des sujets, notamment des jeunes sujets ; Lauriane Pluriau pour sa relecture enthousiaste ; Claire Duquennoy pour la séance photo. Et je remercie infiniment mon amie Florence Campana d'avoir regardé mes études avec son expérience de chercheuse, sa pertinence et sa finesse, pour son soutien, et nos nombreuses discussions.

Sommaire

Avant-propos..... 13

1. Introduction et réflexion théorique14

1.1.	Ce que peut nous apprendre la science sur la perception des œuvres d'art.	15
1.1.1.	Qu'est-ce qu'une œuvre d'art pour le cerveau ? Une question légitime.	15
1.1.1.1.	Un retour au sens premier du mot « esthétique ».	16
1.1.1.2.	Les théoriciens de l'art questionnent la réception physiologique de l'œuvre d'art.	16
	Rudolf Arnheim	17
	Umberto Eco	18
	Ernst Gombrich.....	20
1.1.1.3.	Les artistes eux-mêmes s'intéressent à l'approche scientifique sur l'art.....	23
1.1.2.	Trois conceptions originales sur l'art, l'artiste et le spectateur.	26
	L'artiste en neuroscientifique.....	26
	L'œuvre d'art, un stimulus particulier, idéal pour le cerveau.	28
	Un spectateur en mouvement	30
1.1.3.	Ce que nous apprennent les études d'eye tracking sur la perception des tableaux.....	34
1.1.3.1.	Guy Thomas Buswell	34
1.1.3.2.	Alfred L. Yarbus	39
1.1.3.3.	Les années 90 et 2000 : le regard est guidé par les connaissances du spectateur.....	43
1.1.3.4.	Les études contemporaines.	45
1.1.3.5.	Synthèse des études d'eye tracking sur les tableaux et champs d'étude à explorer.	46
1.2.	Pistes de recherche et Problématique	47
1.2.1.	Étudier l'influence de l'expertise et des pratiques muséales.	47
1.2.2.	Étudier la première saccade.	48
1.2.3.	Étudier des stimuli esthétiques de nature différente : des tableaux, des statues, et comment les saccades se comportent lors des perceptions illusionnistes.	49
1.3.	Méthodologie générale.	50
1.3.1.	Le lieu des enregistrements et les stimuli	50
1.3.1.1.	L'intérêt de l'exposition impressionniste « Éblouissants reflets » au Musée de Rouen.	50
1.3.1.2.	Mise en place de l'expérience.	55
1.3.1.3.	Les stimuli.....	56
1.3.2.	Les participants.	56
1.3.2.1.	Âge et niveau d'expertise.	57
1.3.2.2.	Recrutement et éthique.	58
1.3.3.	Le matériel et le protocole expérimental.....	58
1.3.3.1.	Le matériel.....	58
1.3.3.2.	Limites et biais des eye trackers mobiles et choix d'une métrique fiable.	60
1.3.3.3.	Protocole expérimental.....	61

2. La première saccade sur un tableau de peinture.....64

2.1.	L'attraction pour le centre des images : un biais bien connu dans les expériences d'eye tracking sur écran.	65
2.1.1.	Une attirance pour le centre des images dans les premiers instants de l'exploration observée dans les expériences sur écran.	65
2.1.2.	Hypothèses pour expliquer cette attirance pour le centre. 66L'histoire de l'art occidental nous enseigne que des règles de composition organisent une image autour du centre.	66

La théorie d'Arnheim sur « le pouvoir du centre »	69
Propositions d'explications par les neurosciences	70
Conclusion sur les hypothèses formulées.	73
2.2. Expérience 1. L'attraction pour le centre se vérifie-t-elle dans une expérience <i>in situ</i> et dès la première saccade ?	74
2.2.1. Introduction	74
2.2.2. Méthode.	79
2.2.2.1. Stimuli.....	79
2.2.2.2. Participants.....	85
2.2.2.3. Procédure et analyse des données.....	86
2.2.3. Résultats.....	87
2.2.3.1. Résultats sur l'ensemble des tableaux.	87
2.2.3.2. Résultats par catégories de tableaux.	89
Tableaux de la catégorie 1, au sujet principal centré.....	92
Tableaux de la catégorie 2, au sujet principal excentré.....	97
Tableaux de la catégorie 3, au sujet décalé.	102
Tableaux de la catégorie 4, au sujet traversant.	106
Analyse statistique de l'effet des catégories sur chaque groupe.....	112
2.2.3.3. Discussion.....	114
Le rôle du cadre pour expliquer le biais central en contexte écologique.	115
L'importance du processus top-down, de la culture et de l'éducation dès la première saccade.	117
Une explication par le <i>gist</i> et la <i>gestalt</i>	119
Une compréhension spontanée de la composition chez les experts.	120
3. La première saccade sur un tableau de peinture chez les enfants.	124
3.1. L'influence de l'âge sur les saccades et les fixations.	125
3.1.1. Les études d'eye tracking sur les enfants.	125
3.1.2. Les études d'eye tracking sur les tableaux de peinture.....	126
3.2. Expérience 2 : Comparaison de la première saccade sur des tableaux de peinture entre des catégories d'enfant d'âge différent et des novices.....	127
3.2.1. Introduction.	127
3.2.2. Méthodes.....	127
Sujets.....	127
Matériel.....	127
Stimuli	127
Procédure	128
Analyse des données.....	128
3.2.3. Résultats.	128
Les répartitions pour chaque catégorie de tableaux	129
3.2.4. Discussion.	132
4. La première saccade sur une statue.....	134
4.1. La spécificité de la sculpture parmi les arts visuels : ce que nous apprend la littérature.	135
4.1.1. Très peu d'études scientifiques réalisées sur des statues.	137
4.1.2. Conceptions générales sur la particularité visuelle des statues.	137
4.1.3. L'apport d'Arnheim pour penser la sculpture dans sa singularité.	138
4.2. Une étude <i>in situ</i> sur des statues.	139
4.2.1. Stimuli et procédure.	140
4.2.2. Expérience 3 : comparer la première saccade sur un tableau et sur une statue.....	141
Participants, stimuli et procédure.....	141

Analyse des données.....	145
Résultats.....	146
Discussion	149
4.2.3. Expérience 4 : La première saccade sur une statue réelle comparée à la première saccade sur une personne réelle et à la première saccade sur une statue dans un tableau.	152
Sujets.....	153
Stimuli	153
Analyse des données.....	153
Discussion	155
4.2.4. L'exploration d'un tableau et d'une statue.	157
5. Mouvements des yeux et illusions de mouvement et de profondeur.....	162
5.1. Ce que nous apprennent les études expérimentales sur notre perception objective du mouvement dans les œuvres.....	165
5.2. Expérience 4.	166
Méthode	166
Résultats.....	168
Discussion	173
6. Discussion générale.....	175
6.1. La matérialité de l'œuvre d'art dans un contexte muséal.....	176
6.1.1. La présence physique d'une statue.	177
6.1.2. La présence physique d'un tableau.	178
6.2. L'attraction pour le centre des tableaux.	179
6.2.1. Une corrélation entre l'attraction pour le centre et le cadre du tableau.	179
L'importance du cadre dans l'histoire de la peinture occidentale.....	180
7. Conclusion	183
8. Annexes	186
9. Bibliographie.....	204

Avant-propos

La contemplation d'un tableau dans un musée est une expérience cérébrale incroyablement riche. C'est d'abord une expérience visuelle et perceptuelle d'une grande complexité, qui sollicite le cortex visuel dans ses moindres sillons, engendrant une multiplicité de connexions entre neurones et réseaux de neurones, étant donné le foisonnement de détails visuels, les jeux de répétitions et de contrastes intenses ou subtils de couleurs, de luminosité, d'orientation, de formes, de proportions, de textures qui créent des illusions de réalisme, de profondeur, de mouvement. Cette expérience visuelle est aussi une expérience active et dynamique, qui se déploie dans une certaine durée, celle du mouvement des yeux sur la toile, durant laquelle le cerveau peut laisser libre cours à son activité exploratoire tout en générant des significations. C'est également une expérience cognitive dénotative et référentielle comme le langage ; un tableau de peinture est le support d'une multiplicité de significations qui varieront d'un cerveau à l'autre selon les circuits neuronaux propres à chaque individu, façonnés par ses rencontres avec des lieux, des objets, des œuvres, ses connaissances. C'est une expérience onirique, voire méditative, qui plonge le contemplateur dans un état second ; et c'est une expérience qui stimule sa mémoire émotionnelle, ce lieu lui rappelle un lieu qu'il a connu, qu'il a aimé, où il a vécu des expériences intimes. C'est encore une expérience qui stimule sa mémoire culturelle et intellectuelle : ce tableau lui en rappelle un autre, ce tableau lui fait reconnaître la griffe d'un peintre, les caractéristiques d'un mouvement artistique, d'une époque. La contemplation d'un tableau est aussi une expérience d'ouverture à l'autre, elle instaure un lien social, incite à la communication, au partage des émotions, des connaissances. Contempler un tableau est donc une expérience visuelle, dynamique, émotionnelle, intellectuelle, culturelle et sociale. Et c'est bien sûr une expérience esthétique, regarder une œuvre d'art provoque un plaisir particulier que les plus grands esthètes, les écrivains comme les philosophes se disent impuissants à formuler par des mots, mais qui peut aller jusqu'au vertige¹.

Que peut nous apprendre l'étude des mouvements des yeux sur cette expérience si complexe ?

¹ Ce vertige particulier recensé en psychiatrie correspond à un émoi intense qui fait oublier l'espace et le temps ; il est nommé « le syndrome de Stendhal », en référence aux vertiges de l'écrivain devant les beautés de la ville de Florence.

1. Introduction et réflexion théorique

Dans cette introduction, je défends la légitimité des approches neuroscientifique et neurophysiologiste sur l'art, ainsi que leur intérêt théorique. La logique de l'argumentation m'amène à présenter certaines positions de théoriciens de l'art et d'artistes qui légitiment l'approche expérimentale sur les œuvres d'art et à présenter certaines études en psychologie de la vision, en neurosciences et en neurophysiologie dans le domaine de l'esthétique. J'insiste plus particulièrement sur les apports expérimentaux et théoriques de l'oculométrie.

Puis, je présente les pistes de recherche offertes par ce nouveau champ d'étude et la problématique de cette thèse.

Je présente ensuite le contexte muséal et le matériel que j'ai utilisé pour les études empiriques présentées dans les chapitres suivants.

1.1. Ce que peut nous apprendre la science sur la perception des œuvres d'art.

Ces dernières décennies, certains chercheurs en psychologie de la vision et d'autres en neurosciences ont choisi les œuvres d'art comme stimuli de leurs études, le plus souvent des tableaux de peinture. Cet intérêt des sciences pour l'art, domaine traditionnellement lié aux disciplines intellectuelles, est parfois regardé avec méfiance par ces dernières.

Nous défendons dans un premier temps la légitimité de l'approche scientifique sur les œuvres d'art contre ses détracteurs, et son apport du point de vue théorique, puis nous nous intéressons plus particulièrement à ce que nous ont appris les études en oculométrie.

1.1.1. Qu'est-ce qu'une œuvre d'art pour le cerveau ? Une question légitime.

Qu'est-ce qu'une œuvre d'art pour le cerveau ? C'est la question que posent la psychologie esthétique, la neuroesthétique et la neurophysiologie de l'esthétique. Ces disciplines, qui ont choisi l'art comme champ de recherche, nous invitent à appréhender les œuvres d'art de manière très différente des approches traditionnelles artistiques et philosophiques. En questionnant la réception physiologique par le cerveau, ces disciplines nouvelles nous invitent à reconsidérer le génie créateur des artistes comme le fait d'avoir saisi intuitivement les lois de la vision, l'œuvre d'art comme un stimulus à la fois complexe et idéal pour le cerveau, et le cerveau du spectateur comme un système dans lequel plaisir esthétique et mouvement sont liés.

Ces conceptions novatrices proposées dans des études expérimentales attirent souvent les foudres de critiques virulents qui crient au scientisme et à la démystification du Beau. Sans doute, appliquer des méthodes scientifiques à une expérience si riche et si intime requiert des précautions dans la manière de poser les hypothèses et de présenter les conclusions ; mais il nous semble essentiel qu'aucune

question ne puisse être interdite, et nous voulons montrer que ces approches récentes, qui abordent le domaine de l'art à partir de l'analyse de lois physiologiques et neurologiques, présentent un intérêt théorique tout autant pour questionner ce qu'est un artiste, une œuvre d'art, et la relation esthétique que pour questionner les mécanismes cérébraux et sensorimoteurs.

1.1.1.1. Un retour au sens premier du mot « esthétique ».

Interroger la réception physiologique de l'œuvre d'art ne devrait pourtant pas tant surprendre dès lors qu'on considère la démarche de ces chercheurs comme un retour au sens originel du mot « esthétique ». Le mot « esthétique » est forgé sur le grec *αἴσθησις* / *aisthesis* (sensation) par le philosophe allemand A.G. Baumgarten au XVIII^{ème} siècle pour nommer l'étude des sensations provoquées par les œuvres d'art, sujet qui passionne le siècle de l'individu : « La fin de l'esthétique est la perfection de la connaissance sensible comme telle, c'est-à-dire la beauté », écrit-il au paragraphe 14 de son *Esthétique* (1750), soulignant ainsi qu'étudier les œuvres d'art c'est les étudier du point de vue des sensations qu'elles provoquent. A la suite de Baumgarten, d'autres philosophes interrogeront l'impact de l'œuvre d'art sur la sensibilité tout au long du XVIII^{ème} siècle, tant d'un point de vue physiologique que psychologique. Parmi eux, Burke, Diderot, Hume, Kant. Aujourd'hui, nous disposons d'outils technologiques et numériques pour mesurer ces sensations. A condition qu'elle ne sombre pas dans le technicisme ni le réductionnisme, une approche qui utilise ces outils pour interroger notre rapport physiologique à l'art renoue donc avec les questionnements philosophiques du XVIII^{ème} siècle qui intégraient l'esthétique dans le champ de la connaissance.

1.1.1.2. Les théoriciens de l'art questionnent la réception physiologique de l'œuvre d'art.

Nous devons également nous souvenir que ce sont les théoriciens de l'art eux-mêmes, dans des ouvrages à grand succès, qui ont formulé les premiers

questionnements et les premières hypothèses sur la manière dont le système visuel interprétait une œuvre d'art. Nous rappelons ici quelques problématiques issues des théories de l'art dans les années 50 à 70, auxquelles font échos certains débats scientifiques contemporains et comment les études empiriques actuelles peuvent dialoguer avec ces problématiques intellectuelles.

Rudolf Arnheim

Ainsi, en 1969, le théoricien de l'art Rudolf Arnheim qui se présente comme le disciple de Wolfgang Köhler, l'un des fondateurs de la psychologie de la forme, ouvre la voie aux expérimentations sur l'art. Au seuil de son célèbre livre *La Pensée visuelle*, il invite à « une démarche inverse de celle de l'évolution historique qui mena depuis le XVIIIème siècle de l'*aesthesis* à l'esthétique, de l'expérience sensorielle en général à l'art en particulier » pour développer une pensée perceptive qui ignore « délibérément la ligne de démarcation entre l'esthétique et la science ». Au fil des pages, Arnheim s'enthousiasme devant toutes les perspectives offertes par cette nouvelle approche, qu'il développera également dans des livres entièrement consacrés à l'art, *Art and visual perception* (1974) et *The Power of the center* (1988), mais il regrette de manquer d'expérimentations pour tester ses hypothèses. Dans ce dernier livre, Arnheim développe une théorie du centre et de l'excentricité comme les deux principes qui régissent la composition de toutes les œuvres des arts visuels. Si l'approche d'Arnheim est demeurée spéculative, les scientifiques aujourd'hui sont en mesure de réaliser le rêve d'Arnheim : réconcilier les démarches cognitives et esthétiques. Dès les premières études d'oculométrie (présentées en 1.1.2), une attirance du regard vers le centre des images a été observée. Les études en oculométrie que nous avons menées dans un contexte muséal sur des tableaux et des statues questionneront elles aussi ce pouvoir du centre.

Umberto Eco

D'autres intellectuels se sont interrogés plus précisément sur la manière dont les artistes créent leurs œuvres pour générer des illusions pour le cerveau. Dans un passage célèbre de *La Struttura assente* (1968), Umberto Eco nous fait remarquer que les dessins au trait ne reproduisent pas les conditions de la perception, et que pourtant nous reconnaissons du premier coup d'œil ce que ces dessins représentent :

« Si je dessine à la plume sur une feuille de papier la silhouette d'un cheval, en la réduisant à une ligne continue et élémentaire, chacun sera disposé à reconnaître dans mon dessin un cheval et pourtant l'unique propriété qu'a le cheval du dessin (une ligne noire continue) est l'unique propriété que le cheval *n'a pas*. Mon cheval consiste en un signe qui délimite l' « espace dedans = cheval » en le séparant de l' « espace dehors = non cheval », alors que le cheval ne possède pas cette propriété. Dans mon dessin, *je n'ai pas reproduit les conditions de perception*, puisque je perçois le cheval d'après une grande quantité de stimuli dont aucun n'est comparable de près ni de loin à une ligne continue. »

Umberto Eco fait de cette observation un argument en faveur d'une théorie du signe. Cet exemple illustre que la démarche intellectuelle permet des formulations géniales des problèmes de la perception, avant que les scientifiques ne s'intéressent à un problème, mais de ce fait l'intellectuel doit parfois conclure sans avoir pu appuyer son raisonnement sur des données empiriques confirmées. La science elle-même est toujours en débat, un chercheur met en place une expérimentation qui contribuera à confirmer ou à invalider une recherche qui l'a précédée, et la connaissance progresse en rectifiant les premières conclusions toujours trop hâtives. Il serait regrettable que les deux approches, intellectuelle et scientifique, théorique et expérimentale, se privent l'une de l'autre. Prenons l'exemple des dessins au trait, les données des neurosciences proposent aujourd'hui une explication de leur perception par un traitement visuel de l'information, explication qui contredit une théorie du signe, sans pourtant rien ôter à la force et à la limpidité de la formulation par Umberto Eco du

paradoxe de la perception des dessins au trait. Les psychologues qui s'appuient sur les connaissances du système visuel pour expliquer la perception des dessins au trait adoptent souvent le point de vue dit « de l'optimalité perceptive » et s'appuient sur les théories de la reconnaissance des formes issues d'Irving Biederman (1987), selon lequel la perception des objets consiste à associer des formes géométriques élémentaires internes qu'il appelle « géons ». Par exemple, le psychologue Vilamayur Ramachandran (2005) explique que les dessins au trait nous plaisent parce qu'ils offrent au système visuel des formes stylisées plus faciles à reconnaître que dans le foisonnement d'une scène réelle. Ramachandran explique l'interprétation des dessins au trait dont les formes peuvent être lacunaires par le phénomène du *fill-in*, du remplissage cognitif, observé dans les études de perception visuelle. D'autres psychologues questionnent le traitement des ombres par le système visuel, et débattent sur un traitement de reconnaissance des formes, ou un traitement intermédiaire ou encore un traitement précoce non conscient qui expliquerait pourquoi les ombres qui sont généralement erronées dans les représentations artistiques, que ce soient dans les dessins ou les peintures, ne sont pas repérées, ces psychologues se demandent si ces erreurs en faciliteraient la perception.

Un psychologue de la vision, Patrick Cavanagh (2005), part du même constat qu'Umberto Eco, mais cela l'invite à proposer un programme de recherche sur le cerveau. Le scientifique part de la même observation : les dessins au trait donnent à voir des contours qui n'existent pas dans le réel, mais au lieu d'en conclure à un signe arbitraire, à une convention, il convoque des expériences qui montrent que les très jeunes enfants et les singes interprètent spontanément ce qui est représenté, et que le dessin des contours se retrouve depuis l'art pariétal, et il en conclut que les artistes ont découvert quels contours clés doivent être perçus par le système visuel pour que le spectateur puisse identifier la structure essentielle d'un objet. Patrick Cavanagh propose d'étudier la nature des lignes utilisées dans les dessins au trait afin de pouvoir formuler des hypothèses pour comprendre les informations dont le cerveau a besoin. Voici donc des exemples de la fécondité de l'approche scientifique dans le domaine de l'art autour d'un type particulier de représentation que sont les dessins au trait et de la manière dont les études empiriques pourraient répondre à des problématiques ouvertes par les philosophes.

Ernst Gombrich

Un autre penseur de l'illusion a clamé la nécessité d'aborder l'art du point de vue de la perception visuelle. Le message essentiel de l'historien de l'art Ernst Gombrich, dans l'ensemble de ses livres², qui furent d'imbattables succès de librairie dans le domaine de l'histoire de l'art, est de dépasser le concept grec de *mimésis* pour montrer l'importance du caractère illusionniste de toute œuvre d'art : l'artiste ne recherche pas tant l'imitation fidèle de la Nature que de reproduire les conditions de l'interprétation des formes et des couleurs. Dans son *Histoire de l'art*, Gombrich montre en substance que si l'idéal grec de rivaliser avec l'apparence des choses a été galvaudé dans le monde entier et à travers les siècles au point que le novice juge aujourd'hui de la beauté d'une œuvre par sa ressemblance photographique avec le réel, l'idée d'une histoire de l'art préconçue comme la conquête de la copie la plus fidèle au réel est un préjugé. Gombrich démontre au contraire qu'à aucune époque les artistes n'ont cherché la ressemblance. Il montre l'importance du schématisme et des traits distinctifs depuis l'art pariétal, primitif et égyptien, que l'art grec se définit davantage par le « raccourci » et l'éveil à la vie des formes abstraites que par le naturalisme, et que les œuvres même qui nous semblent les plus naturalistes dans l'histoire de l'art sont en réalité les plus illusionnistes, c'est-à-dire celles qui créent une déformation pour créer l'illusion. Gombrich nous invite donc à regarder l'œuvre d'art comme un phénomène visuel qui leurre avec habileté le cerveau. Dans *L'Art et l'illusion*, il propose tout un chapitre sur la perception de la couleur verte dans les tableaux de Constable³ en montrant que le peintre de génie ne cherche pas à reproduire la couleur des objets, mais à reproduire les conditions visuelles pour une interprétation des jeux de la lumière par la gradation de la couleur. Ainsi, c'est par la modulation des coloris que Constable⁴

² Ernst Hans Gombrich *Histoire de l'art*, Paris, 16^{ème} édition en 2001 (1^{ère} édition en langue anglaise en 1950) ; *L'Art et l'illusion, Psychologie de la représentation picturale*, 1996 (1^{ère} édition en anglais en 1960) ; *Méditations sur un cheval de bois, et autres essais sur la théorie de l'art*, 2003 (1^{ère} édition en langue anglaise en 1963) ; *The Sense of Order : a study in the psychology of decorative art* (1979) et *The Image and the Eye* (1982) ; *Ce que l'image nous dit : entretiens sur l'art et la science*, 2009 (1991 pour la première édition).

³*L'Art et l'illusion* p. 29 et suivantes I. De la lumière à la couleur.

⁴Constable considérait lui-même la peinture comme une science, comme le rapporte Gombrich p. 29 : « la peinture est une science, proclamait Constable, et elle devrait être une constante recherche des lois de la nature. Et pourquoi ne pas considérer la peinture des paysages comme une des branches de la philosophie de la nature, dont les expériences ne seraient autre que des tableaux ? »

parvient à suggérer de la luminosité et de la profondeur pour émerveiller le regard devant une prairie ensoleillée. Les impressionnistes assumeront pleinement ce projet pour parvenir à faire apparaître un plein soleil sur la cathédrale de Rouen⁵ en suscitant une sorte d'éblouissement de l'observateur à partir d'une décomposition de la couleur qui ne serait pas visible comme telle dans des conditions de contemplation de la cathédrale réelle. Gombrich met en évidence que le but des peintres impressionnistes était de trouver des méthodes pour reproduire sur la toile les données de l'impression visuelle avec une précision scientifique. Tout au long de son œuvre, Gombrich défend la pleine légitimité d'une approche psychologique au sein de sa discipline, l'histoire des arts, entendue non plus comme la simple description des changements de style entre les époques. Il revendique le droit de questionner le processus perceptif pour répondre aux problèmes qui font partie du domaine de l'histoire des arts⁶. Gombrich développe même une conception de l'histoire de l'art occidental comme l'histoire d'une science jalonnée par l'histoire de découvertes dans le domaine visuel et de découvertes techniques pour les exprimer. Il fait de l'artiste un génie de la physique et de la technique en le comparant à Galilée et à Huygens réunis dont les découvertes conjointes ont permis l'invention des horloges à pendule⁷ ; et il fait de l'histoire de l'art l'histoire de découvertes qui furent le résultat d'une expérimentation continue depuis l'invention de la perspective chez les Grecs, la perspective géométrique, le *sfumato*, les couleurs vénitiennes, le mouvement et l'expression à la Renaissance. Les scientifiques, qui comparent l'artiste à un neuroscientifique et dont nous exposons la théorie fustigée plus bas, ne disent pas autre chose que Gombrich. On y entendra aussi des échos dans le passage suivant qui file de manière magnifique et éclairante la métaphore pour résumer son entreprise :

« L'histoire de l'art, telle que nous l'avons envisagée, peut être considérée comme l'histoire d'une fabrication des passe-partout qui sont destinés à forcer les mystérieuses serrures des sens, dont la nature seule détenait primordialement la clef.

⁵Allusion à « la série des cathédrales » de Monet qui a peint 30 tableaux représentant le portail occidental de la cathédrale de Rouen.

⁶« J'ai principalement pour objectif d'analyser le processus de formation de l'image ; autrement dit, la façon dont les artistes sont parvenus à découvrir certains secrets de la vision au moyen des tracés et des comparaisons d'images » (*Ibid* p.24)

⁷*Ibid* p. 30

Les encoches en sont complexes, et les pênes ne jouent que lorsque les dents sont enclenchées pour débloquent l'ensemble du système du verrouillage. De même que le cambrioleur de coffres forts, l'artiste ne connaît pas les détails de la combinaison. Il procède à tâtons, par gestes tactiles, essayant ou forçant, avec son crochet ou son fil de fer, quand un rouage paraît céder. Certes, quand la porte a été forcée, quand la clef, fabriquée, existe, il est facile de répéter l'opération. Le suivant qui s'y essaie n'aura plus à faire preuve de qualités d'intuitions particulières : il lui suffira d'utiliser la clef du maître qui l'aura précédé.

On voit, dans l'histoire de l'art, des découvertes qui semblent avoir les caractéristiques de ces « sésame-ouvre-toi ». La mise en perspective en est une par la façon dont elle a permis d'obtenir l'illusion de profondeur ; il en est d'autres, comme l'expression du modelé par les tonalités de la couleur, celle de la texture par les reflets lumineux, ou ces indicatifs de l'expression, découverts par l'art humoristique (...). Le problème n'est pas de savoir si la nature a réellement l'aspect que lui donnent ces procédés picturaux, mais bien de savoir si, dans le cadre du tableau, ils pourront être interprétés comme une suggestion des objets naturels. Il nous faut reconnaître qu'ils ne peuvent nous permettre cette interprétation que dans une mesure qui reste largement fonction de ce que nous appelons notre « attitude mentale ». Nos réactions sont, pour une bonne part, conditionnées par nos attentes, par nos besoins, par nos habitudes culturelles. Tous ces facteurs peuvent jouer un rôle au moment des préliminaires à l'ouverture de la serrure, mais non pas au moment du déclenchement, qui ne dépendra que de la possession de la véritable clé. »⁸

Gombrich peut être vu comme un ambassadeur des études psychologiques et physiologiques sur l'art. Dans ce passage, le critique d'art résume son entreprise en filant une métaphore originale et saisissante dans laquelle il compare le peintre de génie à un cambrioleur qui tâtonne avant de façonner la clé par laquelle il pourra forcer les serrures des sens pour donner l'illusion de la profondeur ou de la texture. Il nous semble que la relecture de Gombrich donne aux conceptions scientifiques sur l'art qui sont actuellement moquées dans les cercles intellectuels une certaine légitimité. On

⁸*Ibid.*, p. 304.

accuse celles-ci de réductionnisme et de simplisme face à la complexité de l'art car ils comparent le peintre à un neuroscientifique qui découvre les lois de la vision, et qu'ils considèrent les œuvres comme de simples stimuli illusionnistes. Mais leurs comparaisons résonnent comme des échos aux comparaisons de Gombrich qui faisait de l'artiste un cambrioleur des sens, un génie de la physique, et de la peinture un art de l'illusion ou de la suggestion et qui revendiquait d'appréhender l'art à partir de la psychologie.

Nous pouvons nous-même dès cette introduction nous placer sous l'illustre tutelle de Gombrich qui, à la fin du passage qui vient d'être cité, étend cette idée de clé au spectateur : Gombrich met en évidence que l'entrée dans l'œuvre dépend de « nos habitudes culturelles » et son interprétation dépend de notre familiarité avec des œuvres composées selon la même technique. Par exemple, l'interprétation de la profondeur dépend de notre familiarité avec les œuvres composées à partir de la technique de la mise en perspective. Nous nous souviendrons de cette image de la clé au cours de cette thèse lorsqu'il s'agira d'interpréter le parcours visuel de nos sujets sur des œuvres d'art.

1.1.1.3. Les artistes eux-mêmes s'intéressent à l'approche scientifique sur l'art.

Enfin, les meilleurs ambassadeurs de l'approche scientifique sur l'art sont les artistes eux-mêmes, qui sont souvent très curieux de ce que peut leur apprendre la science de leur temps sur la réception physiologique de leurs œuvres. Dans le sillage des architectes du Bauhaus et de Paul Klee se passionnant pour les publications de la Gestalt et aux travaux de Chevreul sur la couleur, certains artistes contemporains ont choisi de participer à des expérimentations en physiologie de l'esthétique.

Par exemple, le plasticien Michel Paysant a souhaité collaborer avec la neuroscientifique Zoï Kapoula (2011). Celle-ci rapporte qu'il était curieux de découvrir quel serait son parcours oculaire sur ses œuvres⁹. La neuroscientifique et le plasticien

⁹ Entretien de Denis Cerlet et Zoï Kapoula, « La neurophysiologie de l'esthétique. Rôle pivot de l'exploration oculomotrice via la vidéo-oculographie », *Parcours anthropologiques*, 15 / 2020, 75-85.

ont conçu ensemble une expérience d'eye tracking sur les œuvres de l'artiste qui avait pour enjeu de comprendre comment le déplacement des yeux était un moyen physiologique pour s'approprier une œuvre. L'expérience¹⁰ consistait à enregistrer au moyen d'un eye tracker les mouvements oculaires de l'artiste explorant sur ordinateur un fragment d'asphalte qu'il avait sculpté, puis à comparer les mouvements oculaires de l'artiste se remémorant l'objet. L'expérience montre que le parcours oculaire reproduisait le même parcours. Cette reproductibilité a pu être observée chez des sujets naïfs qui ne connaissaient pas cette œuvre. Par cette collaboration avec un artiste, Zoï Kapoula a démontré l'importance des mouvements des yeux dans le codage et la récupération d'une image dans la mémoire. Ceci était observé à la fois chez le créateur d'une image et chez des sujets novices. Michel Paysant a exposé les parcours oculaires sur son œuvre et continue d'explorer le rôle du regard dans la réception et la création d'œuvres plastiques. Il expose notamment dans son livre *Dessiner avec les yeux* (2014) les expériences d'eye tracking qui lui ont permis de créer des œuvres grâce au tracé de son parcours oculaire par un eye tracker.

Le sculpteur Richard Serra s'est également intéressé à l'étude de posturologie menée par Zoï Kapoula (2014) sur les stèles de 75 tonnes qu'il a réalisées pour l'exposition *Monumenta* en 2008 que lui a consacré le Grand Palais. L'artiste a conçu cinq plaques d'acier légèrement inclinées et il les a disposées de manière asymétrique sous la nef du Grand Palais. Comme il le dit dans le dossier de presse, le contenu de l'œuvre réside dans l'expérience vécue par le visiteur lors de la « Promenade », c'est le titre de l'exposition à laquelle il invite chaque visiteur. Se promener autour de ces stèles à la fois puissantes et épurées engendre une expérience très particulière qui provoquait un vertige. Zoï Kapoula a mesuré l'impact postural de cette visite si particulière et son expérience a montré une amélioration du contrôle postural et du sens de la verticalité. La conclusion de l'étude met en évidence que les expériences esthétiques impliquent tout notre corps, et notamment notre sens de la gravité et de la verticalité. Cette expérimentation sur une sculpture montre comment l'art et la science

¹⁰ L'expérience est présentée dans l'ouvrage *Esthétique et complexité, Création, expérimentations et neurosciences*, Sous la direction de Zoï Kapoula et Louis-José Lestocart, p. 306 à 308.

peuvent se rencontrer dans une exploration commune sur la réception d'une œuvre d'art.

Depuis une centaine d'années, des artistes contemporains conçoivent leur œuvre d'art comme une expérimentation sensorielle au point de faire de la perception le sujet de leur œuvre. Ainsi, l'exposition *Dynamo*¹¹ qui s'est tenue au Grand Palais en 2013 proposait au regard des spectateurs plus d'une centaine d'œuvres sans images au sens représentatif et qui avaient pour point commun de l'amener à expérimenter et à interroger sa perception visuelle en proposant des impressions visuelles particulières ou transformées. L'ampleur de cette rétrospective montre l'intérêt des artistes pour l'expérimentation perceptuelle au point de faire de la vision le sujet même de nombreuses œuvres.

Véra Molnar était exposée lors de cette rétrospective et a été l'une des premières à revendiquer un art expérimental sans représentation ni symbolisme. Elle s'inspire des recherches de son époux, François Molnar, psychophysiologiste de la vision, pour développer une approche qui peut se comparer à une expérimentation scientifique. Elle transforme des formes géométriques en leur faisant subir des tremblements, des distorsions ou des dislocations pour explorer comment susciter de la profondeur ou du mouvement à partir de formes géométriques ou une succession de lignes. Vera Molnar résume ainsi son approche qui rappelle le sens premier du mot « esthétique » défini par Baumgarten : « L'œuvre picturale est avant tout sensible, elle s'adresse à l'œil. C'est pour l'œil humain que je veux faire des images. L'art de la peinture commence sur la rétine, d'abord celle du peintre, ensuite celle du spectateur. »

La compréhension du mystère de la représentation est donc un objectif commun des scientifiques, des intellectuels et des artistes. Chaque discipline l'explore tout en

¹¹ Exposition *Dynamo*, un siècle de lumière et de mouvement dans l'art, 1913-2013, jusqu'au 22 juillet 2013. L'exposition occupait la totalité des Galeries nationales du Grand Palais, soit environ 3700 m², afin de présenter près de 150 artistes qui donnent à explorer ce qu'est la vision à partir de la lumière et du mouvement. Parmi eux, Julio Le Parc, François Morellet, Gianni Colombo, Jesús Rafael Soto, Dan Flavin, Hans Haacke, James Turrell, Yayoi Kusama, Victor Vasarely, Kenneth Noland, Jean Tinguely, Yaacov Agam, Tony Conrad, Pol Bury, Alexander Calder, ainsi que des collectifs d'artistes tels que le GRAV (groupe de recherche d'art visuel), et le groupe Zero.

rester fidèle à ses propres moyens. La transdisciplinarité stimule la fécondité du questionnement théorique.

Nous développons pour illustrer trois conceptions novatrices sur l'art proposées par des scientifiques qui montrent que l'expérimentation permet un enrichissement de la réflexion théorique sur l'artiste, l'œuvre d'art et la réception de l'œuvre.

1.1.2. Trois conceptions originales sur l'art, l'artiste et le spectateur.

L'artiste en neuroscientifique

Le génie artistique est généralement présenté comme un concept insaisissable. C'est peut-être pour cette raison que l'idée lancée par Sémir Zeki dans son livre *Inner Vision* (1999) et ses articles (1999, 2004), selon laquelle l'artiste serait un neurobiologiste intuitif qui aurait perçu les lois fondamentales de la vision, a été tant fustigée. Pourtant, la comparaison du travail de l'artiste au travail du cerveau et *a fortiori* la comparaison du travail de l'artiste et au travail du neuroscientifique, rappelle celle de Gombrich développée plus haut. Cette idée a été relayée dans plusieurs articles (Livingstone, 2002 ; Kapoula, 2006) et dans des ouvrages au titre évocateur, ainsi : Patrick Cavanagh « The artist as neuroscientist » (2005), Ramachandran *Le Cerveau, cet artiste* (2005) ou encore Jean Pierre Changeux *La Beauté dans le cerveau* (2016). L'artiste face au réel accomplit la même tâche que le cerveau : il ne sélectionne que les caractéristiques essentielles des objets pour en faciliter la reconnaissance, il lance aussi des défis au cerveau pour en tester les potentialités. Dans son article, Patrick Cavanagh s'interroge sur les raisons pour lesquelles nous sommes tant saisis par la lumière et l'espace de certains tableaux et cela même dans les peintures abstraites qui représentent des écarts importants par rapport au réalisme. Il fait l'hypothèse que les peintres peuvent se permettre de s'abstraire des règles de la physique qui président au réel pour créer un effet supérieur au réel sur le cerveau. L'observateur ne remarque pas nécessairement les déformations d'ombres, de couleurs, de reflets, de contours. Patrick Cavanagh s'intéresse alors à une « physique

alternative » utilisée par les artistes, plus simple et plus économique, qui transgresse les lois de la physique, et qui passe totalement inaperçue au spectateur car elle n'interfère pas avec la compréhension de la représentation. Les lois de cette nouvelle physique révèlent que ces transgressions n'ont pas d'importance pour le cerveau. Le psychologue de la vision en infère que notre cerveau utilise une physique interne plus simple et plus économique, ce qui lui permet une perception plus rapide et plus efficace du monde réel. Il développe l'idée de raccourcis empruntés par les artistes qui présentent de simples indices, aménagent les surfaces et les lumières. C'est en découvrant ces raccourcis que l'artiste agit en neuroscientifique et le neuroscientifique doit apprendre de ces raccourcis. Le travail des scientifiques de la vision sur les œuvres des arts visuels pourrait ainsi consister à repérer ces écarts invisibles au premier coup d'œil pour questionner les lois de la vision. Patrick Cavanagh propose des exemples de peintures avec des ombres qui ne correspondent pas aux lois de la lumière, sans que cela ne saute toutefois aux yeux du spectateur. Il précise que des expériences de perception ont pu tester cette tolérance à l'irréalité des ombres et qu'un alignement approximatif et un assombrissement suffit à être interprété comme ombre. D'autres transgressions n'affectent pas le traitement des ombres. D'autres études montrent que les ombres sont exigées par le système visuel pour interpréter le volume d'un objet en deux dimensions, mais corroborent que la direction incohérente de l'éclairage n'est pas remarquée. Lorsque Patrick Cavanagh présente l'histoire de l'art comme des milliers d'années d'essais afin de trouver des techniques efficaces pour plier les lois de la physique sans pénalité, les échos à Gombrich sont plus évidents encore. Les transgressions entre le monde réel et le monde représenté révèlent autant sur le cerveau que l'artiste révèle le monde qui l'entoure. L'idée qu'il développe sur l'impressionnisme nous intéresse aussi. Patrick Cavanagh interroge l'efficacité de l'impressionnisme. Les impressionnistes ont utilisé un minimum de détails et de nombreuses divergences avec la réalité, les contours sont mouvants, les couleurs inexacts dans leurs peintures, et pourtant leurs tableaux évoquent une forte impression de lieu et une ambiance, et ces tableaux plaisent beaucoup. Outre que les tableaux impressionnistes donnent de bons exemples de cette physique alternative, Patrick Cavanagh fait le lien avec les études en neurosciences qui ont montré que l'amygdale répondait plus fortement aux basses fréquences, à une version floue qui

exprime la peur. Voici donc un exemple de la manière dont les scientifiques portent leur regard sur les œuvres d'art et transforment notre regard sur elles.

Parmi les lois de cette physique alternative découvertes par les artistes, certaines les conduisent à fabriquer de bonnes formes visuelles, et l'œuvre d'art peut alors être vue comme un stimulus idéal pour le cerveau, ce qui expliquerait le plaisir esthétique.

L'œuvre d'art, un stimulus particulier, idéal pour le cerveau.

Cette hypothèse est soutenue par plusieurs neurobiologistes de la vision (Ramachandran, 1999, 2005, chap. 4 ; Winkelman, 2006 ; Zeki, 1999). Elle s'applique à montrer que les œuvres d'art nous plaisent car elles sont « prégnantes » et qu'elles réalisent les lois décrites par les psychologues de la Gestalt.

Dans les années 1920, les psychologues de la Gestalt, Max Wertheimer, Kurt Koffka, Horst Köhler, développent une approche dynamique et holiste de la perception. Ils décrivent les perceptions comme étant plus que la somme des stimuli et comme organisées selon des lois (la loi de la bonne forme, la loi de la clôture, la loi de la continuité, la loi de similitude, la loi de symétrie notamment) qui seraient innées et qui nous feraient percevoir directement des formes globales. Ils développent également le concept de « prégnance » entendu comme « ce qui s'impose tout en ayant du sens ». Ces lois et la prégnance permettent de comprendre comment le cerveau résout les problèmes très ardues qui lui sont posés, à commencer par percevoir des objets individuels à partir de la mosaïque de stimulations rétiniennes. Certaines lois de la Gestalt sont aujourd'hui comprises sur le plan physiologique par les neurosciences. D'un point de vue gestaltiste, les œuvres d'art facilitent le processus de perception qui consiste à organiser selon ces lois, en nous donnant à voir des belles formes, entières et non dissimulées, en agencant les différents éléments de manière symétrique, en dessinant des contours nets des objets, en accentuant les contrastes de telle manière que les objets « sautent aux yeux » et soient prégnants.

Semir Zeki, Piotr Winkelman, Vilayanur Ramachandran, établissent un lien entre le sentiment du beau et un stimulus évalué positivement par le cerveau car il correspondrait à une forme idéale qui stimulerait les circuits de la récompense.

Winkelman, Ramachandran et leurs collègues insistent sur la notion de facilitation perceptives. Pour Winkelman (2006), la facilitation perceptives serait à l'origine des préférences esthétiques et du plaisir esthétique. Il montre par exemple dans une expérience une préférence pour les visages prototypés. Dans son livre, Ramachandran (2003) fait valoir un principe évolutionniste de survie pour montrer que la vision s'est développée pour faire échouer le camouflage. Notre cerveau aurait évolué vers une économie de moyens pour une détection ultra rapidement de simples indices, qui sont interprétés par des processus d'intégration de liage perceptif et de remplissage. Ramachandran rappelle que les projections rétiniennes qui ne sont qu'une mosaïque de points colorés ne représentent que 10 % des connexions neuronales. L'essentiel de la vision consiste donc en un feedback à partir des informations rétiniennes. Une pénurie d'informations peut donc suffire. Au contraire, Berlyne et de Zeki (1999) insistent pour ne pas oublier la complexité du contenu de l'expérience esthétique et de l'œuvre appréciée. Cette idée de stimulus idéal rejoint en tout cas l'idée de Gombrich selon laquelle l'art ne cherche pas à imiter la nature ; elle rejoint aussi son idée d'un sens de l'ordre inné qu'il place au cœur du plaisir esthétique, sens de l'ordre qui nous pousse à ordonner le chaos de la nature et qui explique selon lui la préférence dans l'histoire des arts visuels pour les formes géométriques simples.

Nous aimerions insister sur la manière dont les psychologues de la Gestalt ont analysé le phénomène de l'articulation figure-fond, car les neuroscientifiques ont mené des études pour l'appuyer et que nous nous appuyerons sur cette prégnance de la forme qui se détache sur un arrière-fond indifférencié conçu comme un espace vide dans nos études sur les tableaux et les statues. Max Wertheimer propose ces principes pour expliquer la saillance de la figure sur le fond : le groupement par proximité : à conditions égales, les éléments qui sont le plus proches spatialement augmentent leurs chances d'être groupés dans la perception, et seront donc rendus plus saillants ; le groupement par similitude ou par ressemblance : à conditions égales, les éléments similaires auront la plus grande possibilité d'être groupés ; le groupement par un contour continu, qui correspond à un principe de bonne continuation ; le groupement par clôture : une forme fermée paraît plus prégnante qu'une forme ouverte, et a le plus de chance d'être observée ; le groupement par destin commun : les éléments en mouvement dans une trajectoire commune apparaissent groupés en une seule unité ;

d'autres propriétés, telles que la convexité ou la symétrie, favorisent également le regroupement perceptif.

Le premier, Arnheim (1988) a présenté ces formes captivantes comme source de plaisir et Ramachandran (2003) fait l'hypothèse d'une connexion de la bonne forme à l'activation du système limbique. Pour Winkielman (2006), le plaisir lié à la perception de l'articulation figure-fond représente une expérience esthétique mais aussi métacognitive.

Un spectateur en mouvement

En ce qui concerne plus précisément la réception de l'œuvre par le spectateur, ce qui nous a interpellée parmi les données de la neuroesthétique et de la neurophysiologie de l'esthétique, c'est que plusieurs études convergent vers une idée : l'expérience esthétique est une expérience motrice.

La neuroesthétique cherche à identifier les bases neurales de la perception esthétique essentiellement par des études d'imagerie cérébrale. Ces études ont montré qu'une grande variété de régions corticales étaient activées en présence d'un stimulus d'art pictural : les aires visuelles ventrales (Vartanian et Goel, 2004), mais aussi les aires préfrontales dorsolatérale et médiale qui sont habituellement sollicitées pour le jugement (Cela-Conde et *al.*, 2004 ; Jacobsen et *al.*, 2006), les zones orbitofrontales appartenant au système de récompense (Kawabata et Zeki, 2004 ; Jacobsen et *al.*, 2006, Ishizu et Zeki, 2011) et les zones cingulaires antérieures (Kawabata et Zeki, 2004 ; Vartanian et Goel, 2004) lorsque l'œuvre provoque une émotion. L'identification de ces aires nombreuses qui tient à la complexité du processus esthétique est souvent moquée par les intellectuels qui avancent que l'imagerie ne nous apprend rien sur l'expérience esthétique.

Il nous semble au contraire très instructif de remarquer le lien mis en évidence par plusieurs expériences en neuro-imagerie entre les zones associées aux réponses motrices et les jugements esthétiques (Prinz, 2014). Ainsi, Kawabata et Zeki (2004) montrent une activation du cortex moteur lors de la perception de peintures jugées

laidés, Lutz et *al.* (2013) une activation des régions pariétales et sensorimotrices devant des œuvres jugées belles. Vartanian et Goel (2004) ont observé devant des peintures jugées moins belles une baisse d'activation du noyau caudé droit, identifié comme contribuant aux postures corporelles, à la précision et à la vitesse des mouvements. Cela-Conde et *al.* (2004) ont observé une augmentation de l'activité dans l'aire préfrontale dorsale, une aire jouant un rôle dans l'interface perception/action lors « d'une perception esthétique de la beauté ». Le rôle des activations motrices dans l'appréciation positive ou négative suggère que le jugement esthétique engage notre corps et offre un regard nouveau sur le rapport du spectateur à l'œuvre d'art.

Cela dit, si la découverte des neurones miroir explique la corrélation entre le système visuel et le système moteur dans le domaine de l'action et que certains auteurs ont fait l'hypothèse que les scènes représentées ou les gestes du peintre sur la toile devaient être comprises comme des simulations motrices (Freedberg et Gallese, 2007 ; Freedberg, 2009), le rôle du système moteur dans l'appréciation esthétique reste à notre connaissance inexplicé par la neuroesthétique, et la résonance empathique qu'une hypothèse. Par exemple, la désynchronisation du rythme Mu, enregistrée à l'aide de l'EEG dans l'étude d'Umiltà (2012) face aux déchirures faites par l'artiste Lucio Fontana dans une de ses peintures, et qui a été observée lors de l'initiation d'un mouvement (Gastaut et Bert, 1954) montre certes une réaction dans le cortex moteur lorsque le spectateur regarde ces déchirures, mais ne permet pas à notre sens de s'expliquer par l'activité des neurones miroir ni d'expliquer l'appréciation esthétique.

Une autre discipline a montré l'importance de la motricité dans la perception des œuvres d'art. La neurophysiologie étudie les mécanismes sensorimoteurs qui sous-tendent notre vision et nos émotions, mais avec la possibilité de tester directement la réponse motrice du corps face à une œuvre d'art. Cette discipline tend à montrer que la vision est un processus actif qui a une composante motrice. Ses conclusions rejoignent la théorie de la cognition incarnée qui, dans les années 90, a cherché à renverser le paradigme d'un cognitivisme à l'origine modulariste, centré sur la notion de représentation et sur le cerveau conçu comme « autonome » pour rappeler que le

cerveau existe dans un corps¹². La neurophysiologie et la théorie de la cognition incarnée rappellent que tous les processus cognitifs commencent dans le corps, en interaction avec le monde extérieur (*embodied cognition*), et qu'ils ne peuvent être envisagés indépendamment des situations (*situated cognition*) dans lesquelles elles prennent naissance. Lorsque la neurophysiologie s'intéresse à l'esthétique, elle privilégie donc des protocoles expérimentaux en présence physique avec les œuvres d'art et son but est de mesurer l'impact des œuvres d'art sur des réponses sensorimotrices primaires.

Zoï Kapoula est spécialiste de la motricité visuelle et de la posture du corps. Elle envisage l'œuvre d'art comme un stimulus expérimental unique pour stimuler notre physiologie, car celle-ci est le résultat d'une recherche unique chez l'artiste avec ses propres moyens qui sont uniques, qui l'ont amené à produire une œuvre avec des traits visuels spécifiques, des ambiguïtés, des conflits, des déséquilibres qui sont à l'origine de nos émotions et jugements esthétiques. Elle a mené plusieurs études sur les mécanismes sensorimoteurs immédiats en présence physique d'une œuvre d'art, en enregistrant par exemple les réactions posturales ou les saccades oculaires durant les premières secondes devant un tableau.

En ce qui concerne l'appréciation esthétique d'une œuvre, Marine Vernet, en collaboration avec Zoï Kapoula, montre dans une étude posturographique au Grand Palais, lors de l'exposition « Dynamo », un lien entre la stabilité du corps et le fait d'aimer ou de ne pas aimer une œuvre violente. L'étude montre que ne pas aimer une œuvre demande au corps plus d'énergie. Les spectateurs étaient placés devant une œuvre d'art violente de Karsten Höller, *Light Corner* ; lors de certaines séquences de cette œuvre, sur un mur entier, des lampes flashaient en même temps qu'un bruit se faisait entendre (Vernet, Morize, Kapoula, 2018). Tous les spectateurs fermaient les yeux face à cette œuvre. L'analyse de leurs oscillations montre que ceux qui rapportent aimer l'œuvre mettent moins d'énergie fréquentielle pour maintenir le corps stable que ceux qui rapportent ne pas l'aimer. Marine Vernet et Zoï Kapoula concluent à un croisement entre aimer quelque chose et l'impact physiologique sur le maintien du

¹²Francisco Varela dans *The Embodied Mind* écrit ainsi : « Le cerveau existe dans un corps, le corps existe dans le monde, et l'organisme bouge, agit, se reproduit, rêve, imagine. Et c'est de cette activité permanente qu'émerge le sens du monde et des choses »

corps, debout et stable. Ainsi, plus on aime, même si c'est violent, moins le cerveau a besoin d'énergie pour maintenir le corps stable. Cette étude, qui a permis un contact écologique avec les œuvres, confirme donc la forte corrélation entre motricité et jugement esthétique mise en avant par les études de neuroesthétique, et montre que le jugement esthétique engage tout le corps.

D'autres études de posturographie ont montré que la perception du mouvement ou de la profondeur dans une œuvre d'art pouvait moduler le contrôle de la posture. Par exemple, la photographie d'une ballerine dansante sculptée de Degas suscite des oscillations plus importantes que la photographie d'une ballerine statique sculptée de Degas, ce qui démontre que les images du mouvement corporel génèrent des oscillations corporelles inconscientes (Nather et *al.*, 2010). La représentation de la profondeur peut également avoir un impact sur la posture. En effet, les peintures abstraites de Maria Helena Vieira da Silva contenant des éléments de profondeur provoquent une plus grande instabilité posturale que les versions modifiées de ces peintures, dans lesquelles ces indices de profondeur ont été supprimés (Kapoula et *al.*, 2011)

Dans une autre étude, la posture et la verticale visuelle subjective ont toutes deux été améliorées lors de la visite de l'exposition de sculptures de Richard Serra « Promenade » (2008), créée pour la série d'installations « Monumenta » dans la grande nef du Grand Palais à Paris, en France. (Kapoula et coll., 2014). Une telle amélioration aurait pu être causée par l'expérience de la sculpture monolithique intitulée latéralement. Ainsi, les propriétés physiques et spatiales de l'œuvre semblent avoir une influence directe sur la physiologie humaine.

Nous retenons de ces deux dernières études que la réaction physiologique, le contrôle postural, a lieu durant les premières secondes, est immédiat face à la représentation de la profondeur dans les peintures abstraites de Vieira da Silva et face à l'inclinaison de sculptures monumentales de Serra. Les premières secondes qui correspondront à la rencontre du corps avec l'œuvre sont donc décisives.

1.1.3. Ce que nous apprennent les études d'eye tracking sur la perception des tableaux.

L'eye tracking est aujourd'hui une technique utilisée dans de nombreux domaines. Pouvoir suivre le parcours des yeux, connaître leurs points de fixation, mesurer leurs saccades, la durée des fixations permet de savoir ce que le cerveau explore à l'intérieur d'un champ visuel qui fourmille d'informations, et cela peut s'avérer utile dans des études de psychologie cognitive, en neurosciences, dans l'éducation, en médecine, en sport, en marketing. Les études interrogent généralement l'attention visuelle et s'appuient sur les deux processus de traitement de l'information visuelle décrits en psychologie cognitive : le traitement ascendant (*bottom up*) de l'information déclenché par les caractéristiques visuelles de la scène et le processus descendant (*top down*) déterminé par les attentes et les connaissances du sujet.

Quel peut être l'intérêt de l'oculométrie dans le domaine de l'art ? Nous pouvons commencer par constater que le lien entre eye tracking et peinture est naturellement apparu aux pionniers de l'eye tracking qui ont choisi des peintures comme stimuli privilégiés pour observer le mouvement des yeux.

1.1.3.1. Guy Thomas Buswell

Si l'eye tracking est né d'interrogations sur les différents modes de lecture au XIX^{ème} siècle, le premier à avoir conçu un matériel non invasif, qui utilise le reflet cornéen pour observer le mouvement des yeux, est le psychologue de l'éducation Guy Thomas Buswell, qui fait rapidement des images son champ d'investigation. En 1935, il publie *How people look at pictures* dans lequel il présente les photographies de ses enregistrements du circuit visuel ainsi que des gaze plots sur une cinquantaine d'images de différents types (tableaux, assiettes, tapisseries, estampes, photographies de statues, de bâtiments, de mobilier, de vaisselle, ...). Buswell est le premier à présenter des données purement objectives sur les régions qui sont effectivement regardées dans un tableau, à une époque où les livres sur l'art postulaient qu'un détail était censé attirer le regard ou une ligne être suivie par le

regard dans un tableau. Il confronte les remarques de ces critiques d'art à ses données sur une soixantaine de sujets et observe souvent que les affirmations péremptoires des critiques d'art ne se vérifient pas empiriquement. Il observe par exemple qu'un drapeau rouge est peu visé ou qu'un cordage n'est pas suivi du regard. Il rappelle à cette occasion que les mouvements des yeux sont non conscients et qu'il est impossible de décrire notre parcours visuel sur une image.

Au seuil de son livre, il rappelle que son matériel lui a permis d'enregistrer les fixations sur les images et non pas les saccades et qu'il s'appuie sur l'hypothèse qu'un centre de fixation correspond à un centre d'attention, et il décrit donc pour chaque image les régions qui ont été visées par l'attention du sujet. Il a pu remarquer en interrogeant les sujets que certains éléments pouvaient laisser une impression sans avoir été fixés par le regard, et donc que ce qui est vu en vision périphérique dans une image compte également dans notre perception de l'image. Buswell est également le premier à formuler les problématiques qui président aujourd'hui encore à la majorité des études d'eye tracking. Au seuil de son livre, il reformule le titre de son ouvrage en : « What does a person do when he looks at a picture ? ». Puis il enchaîne une série de questions : « What is the effect of color or lack of color ? What are the main centers of interest in looking at a picture ? Does the pattern of perception reflect the way the various parts of the picture are balanced ? » Il questionne aussi le rôle de l'âge et de l'habitude à regarder des images et même de la culture : « does previous training or ability in art make a difference in a pattern perception ? Do children and adults look at a picture in the same way ? Do Oriental subjects look at a Japanese print in the same manner as Western people ? » Il pose également la question des conditions qui peuvent influencer la direction du regard, par exemple une directive ou le temps accordé à une perception : « Do the directions given to the observer influence the pattern of perception ? Do the characteristics of perception vary with the length of time during which a person looks at a picture ? » Nous retrouverons ces différentes problématiques dans les études contemporaines et dans notre étude.

Que montrent les enregistrements objectifs de ce pionnier ? Sur 55 images, qui sont pour la plupart des reproductions de tableaux de peinture, Buswell livre le parcours visuel avec les fixations numérotées. Pour plusieurs tableaux, il décrit ce qui est vu en premier, ce qui est fixé dans un second temps, ce qui est repéré tardivement, ce qui

est fixé plusieurs fois, et il relève les régions qui ne sont jamais fixées. Il livre pour certains tableaux également l'ensemble des points de fixation pour un nombre conséquent de sujets. Par exemple, pour le tableau reproduit dans la figure 1.1, il décrit le parcours oculaire suivant : Miss W a fixé en premier une zone dans le bateau juste sous le mât, puis en deuxième fixation la voile, puis elle a dirigé son regard vers la petite embarcation du personnage puis sur le personnage ; elle a survolé plusieurs fois le centre du bateau et les parties du bateau, le petit drapeau rouge n'a reçu une attention directe qu'à la quatorzième fixation ; les fixations 20 à 33 reviennent sur le personnage et son embarcation ; à la fin elle regarde l'eau sur le coin gauche du tableau. A la quarante-cinquième fixation, Miss W. signale qu'elle peut regarder une autre image. Buswell remarque que le tiers haut du tableau n'a pas été visé, ni le coin droit, mais que néanmoins Miss W. peut formuler des impressions sur ces régions. Les gaze plots de 68 sujets, qui regroupent un total de 3267 fixations, montrent quant à eux que le personnage est le sujet principal, qu'une part importante des fixations convergent vers le bas du mât, que le bateau et la petite embarcation sont des centres d'intérêt, que le ciel reçoit peu d'attention, moins que l'eau de la mer, que le drapeau rouge a pu être visé mais moins que les autres régions d'intérêt.



Winslow Homer, *Stowing the sail – Bahamas*, 27,3 cm x 17,2 cm, Art Institute of Chicago.

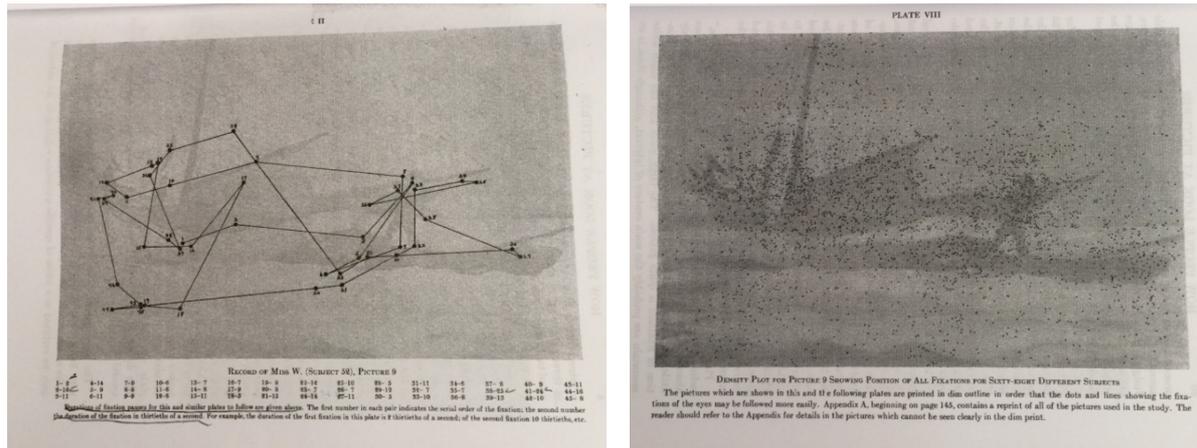


Figure 1.1. En haut, la reproduction en couleur de l'aquarelle *Stowing the sail-Bahamas*. En bas, les pages 3 et 19 de *How people look at pictures*, qui reproduisent, à gauche le parcours oculaire, à droite les gaze plot sur l'aquarelle *Stowing the sail-Bahamas*.

Buswell analyse ainsi 50 images. Il observe par exemple, et offre à l'observation de ses lecteurs, que dans une photographie de l'intérieur d'une cathédrale, les fixations des 66 sujets s'organisent selon une ligne verticale qui suit le chœur gothique, de même sur les photographies de gratte-ciel ou de clocher, on retrouve cette distribution verticale des saccades, que sur *La Vague* d'Hokusai, les fixations se regroupent sur la vague et le mont Fuji, que le reste de l'image est très peu fixé. D'une manière générale, Buswell remarque image après image que le haut des images et les coins sont exceptionnellement visés. Une autre image retient notre attention, la photographie de la statue d'une amazone qui lance une flèche, les gazeplot et un quadrillage au quart montrent que le socle sur lequel repose la statue n'est pas visé et que la majorité des fixations se regroupent sur la torsion du corps de l'amazone. Nous nous souviendrons de cette image lorsque nous étudierons les statues et nous en donnons l'image dans la figure 3.1.

Buswell regarde aussi les premières fixations. Pour l'aquarelle *Stowing the Sail - Bahama*, il propose un quadrillage sur les 18 premières fixations pour 35 sujets.

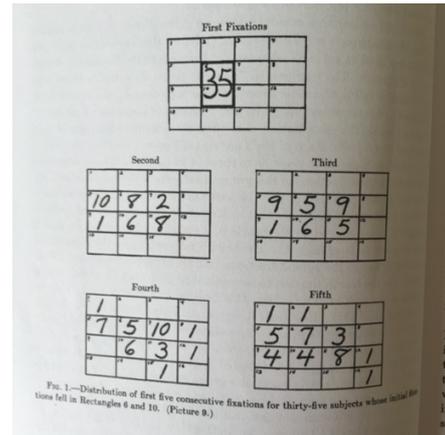
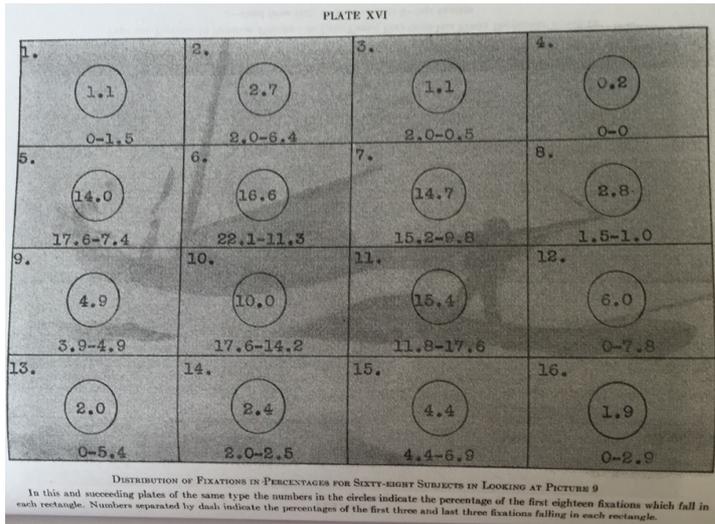


Figure 1.2. Les premières fixations sur l'aquarelle. A gauche, les distributions des dix-huit premières fixations en pourcentage pour 68 sujets, et à droite les premières fixations de 35 sujets sur l'aquarelle (*How people look at pictures* p.30 et 32.)

Ces données montrent une concentration importante de la première saccade vers une même zone. Buswell ne publie pas d'autres données de la première fixation. Mais cette concentration à un seul endroit chez tous les sujets nous interpelle.

Dans sa conclusion, Buswell fait le riche bilan de toutes les données recueillies : Il distingue premièrement deux types de *patterns* dans la perception d'une image. L'exploration commence généralement par un rapide survol durant lequel les yeux se posent sur les éléments principaux de l'image lors de pauses relativement courtes. Un second type de fixations, plus longues, s'observe plus tard, sur des aires plus petites. Il observe que lorsque les sujets regardent une image durant un temps court, seul le premier pattern s'observe et qu'il doit correspondre à notre comportement oculaire lorsqu'on visite une galerie d'art. Au contraire, la durée des fixations augmente lorsqu'on regarde plus longtemps une image. Ses connaissances sur la vision le poussent à associer le premier type de fixations à des processus simples de la perception visuelle, et les fixations longues sur de petites aires à un processus mental plus élevé qui reflète un plus haut degré d'intérêt pour les régions scrutées.

Il retient aussi des différences importantes de patterns et de durée de fixations inter individuelles. Il ne remarque pas en revanche de différences notables entre les enfants de 11-12 ans et les adultes de son étude, qui étaient pour beaucoup des étudiants. Il remarque des différences entre les étudiants en art et les étudiants non spécialistes en terme essentiellement de durée de fixation, les étudiants en art faisant de plus courtes fixations.

Buswell remarque également que des instructions données avant de regarder une image ont une influence marquée sur ce qui est regardé durant l'exploration.

La comparaison entre les enregistrements sur des images colorées et les mêmes images en noir et blanc montre assez peu de différences entre les parcours visuels, les couleurs attirent et retiennent donc peu le regard, contrairement à une idée répandue. Buswell émet l'hypothèse que l'effet de la couleur résiderait davantage dans la qualité de l'expérience mentale mais influencerait peu le circuit visuel. D'une manière générale, Buswell s'attache à faire la différence entre le parcours visuel et ce que les études ultérieures appelleront les *qualia* ou la phénoménologie, sous l'influence des courants philosophiques du XXème siècle, et il ne considère jamais les mouvements oculaires comme des indices d'activité cognitive.

Contrairement à une autre idée reçue, les patterns perceptifs ne ressemblent pas aux patterns de design d'une image, les yeux ne reproduisent pas les formes générales de l'image, ils ne suivent pas les lignes principales d'une image. Buswell remarque au contraire, après la première fixation, un premier mouvement vers l'extrémité gauche, puis une série de mouvements de gauche à droite.

Il termine en s'adressant aux étudiants d'art pour redire que les données présentées informent de manière objective et précise sur les centres d'attention d'une image mais en rien sur l'appréciation sur une image ni sur la qualité du processus mental.

1.1.3.2. Alfred L. Yarbus

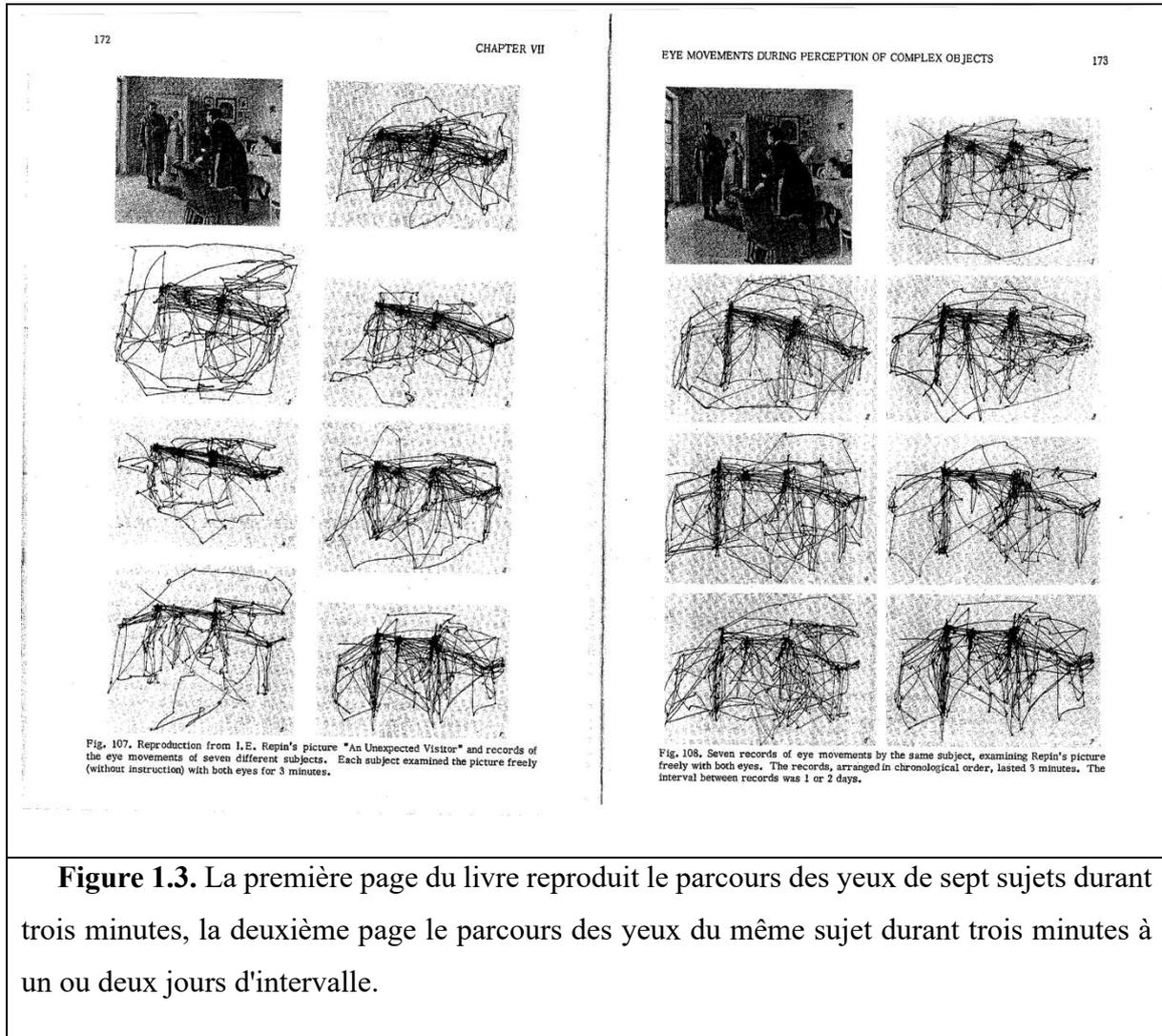
Un autre pionnier de l'eye tracking est le Russe Alfred L. Yarbus, dont la traduction en anglais en 1967 du livre *Eye movement and vision* a beaucoup influencé les études

sur la vision, et en particulier les études sur l'oculomotricité. L'ouvrage présente les dispositifs ingénieux qu'il a conçus pour étudier les mouvements des yeux, ainsi que les études réalisées dans les années 50 et 60.

Dans le dernier chapitre¹³, Yarbus interroge les principes qui régissent les mouvements des yeux sur des objets complexes. Il choisit, comme supports privilégiés de ses nombreux questionnements sur la manière dont on dirige notre regard sur une image, les tracés des mouvements oculaires sur une peinture, *Le Visiteur inattendu* d'Ilya Repin, pour laquelle il livre une série conséquente d'enregistrements. Il livre aussi des enregistrements sur plusieurs photographies de statues, parmi d'autres types d'images.

Yarbus propose à ses lecteurs de constater par eux-mêmes que les yeux reviennent plusieurs fois sur certains éléments dans le tableau alors que d'autres sont peu ou pas du tout fixés, et propose de repérer quels sont ces éléments. Yarbus se demande quels sont ces éléments qui attirent le regard et au contraire quelles sont les caractéristiques des éléments qui n'attirent pas l'attention. Pour cela, il livre au questionnement de ses lecteurs cinq séries de sept enregistrements sur le tableau de Repin : premièrement, les enregistrements de sept observateurs différents qui regardent librement le tableau durant 3 minutes ; deuxièmement, sept enregistrements du même participant durant 3 minutes à 1 ou 2 jours d'intervalle ; troisièmement, sept enregistrements du même participant qui ont chacun été précédés d'une question différente de la part de l'examineur ; quatrièmement, sept tracés de 25 secondes qui décomposent le parcours oculaire d'un participant ayant duré 3 minutes ; cinquièmement, sept tracés de 5 secondes qui décomposent le parcours oculaire d'un même participant ayant duré 35 secondes en précisant le nombre de fixations toutes les 5 secondes. Dans une sixième série, des points noirs de la taille de la fovéa mettent en évidence les zones précises sur lesquelles se sont concentrées les points de fixation.

¹³*Eye Movements and Vision*, chapitre VII « Eye movements during perception of complex objects », pp 171 à 211.



Par ces premiers enregistrements, Yarbus a mis en évidence que le regard reste et revient fréquemment sur les mêmes régions du tableau qui sont des régions qui construisent le sens du tableau, même en vision spontanée et même si le sujet explore plusieurs minutes le tableau. On ne regarde donc pas tout dans un tableau et on regarde toujours les mêmes endroits qui sont des zones de signification.

Il a montré que si l'on présente à différentes personnes la même peinture, les patterns des mouvements des yeux sont proches mais pas identiques. Quand on présente à un seul individu le même tableau plusieurs fois, avec entre un et deux jours séparant les sessions d'enregistrement, les enregistrements des mouvements des yeux sont proches mais pas identiques. Toutefois, on remarque davantage de ressemblances entre les méthodes exploratoires d'un seul observateur qu'entre les observateurs.

Yarbus s'est également demandé si le comportement exploratoire évoluait lorsque la peinture était montrée sur un temps long (3 minutes), en comparant les mouvements oculaires dans certaines régions durant les 35 premières secondes avec les mouvements oculaires qui les suivent. Il remarque qu'au début de la période d'observation, les fixations étaient particulièrement dirigées vers les visages des individus dans la scène peinte.

Il en conclut que les yeux s'orientent premièrement vers des éléments utiles à la compréhension du tableau, et qu'ils ne visent pas les éléments jugés inutiles par l'observateur. Il remarque au contraire que ce n'est pas la quantité de détails qui détermine le degré d'attention porté à un élément, ni la luminosité (les éléments les plus sombres ou les plus lumineux ne sont pas visés pour eux-mêmes s'ils ne représentent pas des éléments essentiels à la compréhension), ni la couleur (les mêmes circuits du regard sont observés s'il propose aux participants la même photographie en couleur ou en noir et blanc). Au chapitre II, Yarbus avait montré l'importance des contours dans la perception des objets. Il en conclut donc que les propriétés qui attirent le regard sont les contours et les propriétés sémantiques.

Un autre apport essentiel de Yarbus est d'avoir montré que les instructions données à un sujet, comme une question, peuvent orienter son comportement oculomoteur.

Synthèse de l'apport de Buswell et Yarbus.

L'apport majeur de Buswell et de Yarbus sur la perception des tableaux est donc d'avoir montré que les yeux concentraient leurs fixations, dès le début de l'exploration, sur les régions les plus riches en informations sémantiques, qui correspondent généralement au centre du tableau plutôt que de manière aléatoire, et ce quels que soient la densité de détails, le contraste ou la couleur. Allonger le temps d'exposition devant la peinture augmente les visites sur les zones repérées initialement comme des zones d'intérêt plutôt mais n'augmente pas le nombre des zones visitées. Ces phénomènes ont été largement observés depuis par plusieurs études ultérieures (KaMackworth, 1967 ; Antes, 1974 ; Nodine, 1982 ; Locher, 1996 ; Henderson et Hollingworth, 1999 ; Kapoula, 2002). Buswell et Yarbus ont tous deux observé qu'une instruction pouvait influencer le comportement exploratoire d'une image, donner un

objectif transforme son parcours oculomoteur. Ils ont également observé des durées de fixation et des amplitudes de saccades oculaires qui ressemblent à celles de la lecture : des durées de fixation aussi courtes qu'en lecture et des amplitudes de saccades aussi courtes qu'en lecture lorsqu'on projette sur écran une image.

1.1.3.3. Les années 90 et 2000 : le regard est guidé par les connaissances du spectateur.

Dans les années 90, les études sur l'esthétique se développent, d'autres chercheurs s'inscrivent dans la lignée esthétique ouverte par ces premiers explorateurs et leurs travaux confirment cette attirance pour le centre des tableaux et les régions sémantiquement informatives. Les travaux interrogent particulièrement le rôle des connaissances du spectateur et la question de l'expertise est introduite.

Ainsi, plusieurs études d'Henderson et Hollingworth montrent que le regard humain est attiré non seulement vers des régions visuellement saillantes en termes de couleur, de contraste et d'orientation des bords, mais également vers des régions intéressantes ou significatives basées sur les connaissances du spectateur (Henderson et Hollingworth 1999).

Paul Locher (1996 ; 2010) et Calvin Nodine (1989 ; 1994) mettent en évidence dans plusieurs études l'interaction entre les processus sensoriels *bottom up* et les processus *top down*, notamment dans la perception de l'équilibre pictural. Paul Locher montre que l'exploration commence par un balayage visuel de l'œuvre et détermine deux niveaux : le premier temps correspond au balayage holistique, puis un second temps est consacré au retour sur les éléments repérés comme intéressants durant la première phase exploratoire.

Zoï Kapoula (2002), dans une étude sur le tableau cubiste *Le Réveille-matin* de Fernand Léger, montre que l'interprétation sémantique guide l'exploration oculomotrice. L'étude compare trois conditions d'exploration de ce tableau tendant vers l'abstraction : une exploration spontanée sans connaître le titre du tableau, une exploration active durant laquelle le sujet invente un titre, et une exploration guidée après l'annonce du titre du tableau. En condition active, le regard fixe les traits non

saillants mais qui peuvent représenter le visage d'un homme et disent percevoir un musicien joyeux et en mouvement. En condition dirigée, la concentration sur le visage s'accroît et surtout ils cherchent dans l'image un réveil, et ils visent ce qui peut représenter des fragments d'une horloge, visuellement peu saillants et qui prennent sens en connaissant le titre. Dans les trois conditions d'exploration, des durées de fixations aussi courtes qu'en lecture sont observées, et des amplitudes de saccades aussi faibles qu'en lecture. L'étude conclut sur l'action *top down* des connaissances qui orientent les mouvements de l'œil lors de la découverte d'un tableau.

Une autre manière de tester l'influence des connaissances sur les mouvements des yeux est de comparer le comportement oculomoteur d'experts en art avec celui de non experts. Une étude de Zoï Kapoula (2006) sur une peinture de Francis Bacon, *Study of a dog*, réalisée sur l'œuvre originale lors d'une exposition au musée Maillol, confronte les saccades oculaires d'experts en art qui rapportent percevoir dans la peinture une impression de fermeture et une sensation de mouvement avec celles de non experts, qui ont été beaucoup moins sensibles aux effets générés par la composition. Alors que les saccades oculaires sont beaucoup plus amples et dans des directions variées chez les experts qui explorent une surface plus importante du tableau et fixent presque immédiatement les points clés de la composition spatiale alors même qu'ils ne sont pas saillants, les fixations des non experts se concentrent sur les éléments narratifs essentiellement au centre du tableau. L'étude permet de faire l'hypothèse que les mouvements des yeux contribuent à la perception du mouvement pictural, ce qui confirmerait l'idée de Zanker et *al.* (2003) qui considèrent les mouvements des yeux comme une source possible de l'illusion du mouvement lors d'études sur l'Op Art. Par ailleurs, le fait que les experts fixent les points importants de la composition spatiale et ont une évaluation différente du tableau quant à l'impression de fermeture montre l'influence des connaissances sur l'orientation des yeux lors de l'exploration d'un tableau.

Zoï Kapoula (2009) teste le rôle de l'influence des connaissances et de l'impact de la composition notamment la perspective à travers une étude qui explore les mouvements oculaires de novices en arts sur le tableau à la composition géométrique et à la perspective marquée de Piero della Francesca, *L'Annonciation*. Dans cette étude, les novices ne se sont pas limités aux personnages et ont au contraire exploré

tous les points marquants de la composition spatiale. Ainsi, ces observations contrastent avec celles sur le tableau de Bacon : sur un tableau de la Renaissance, à la composition marquée, les sujets naïfs ne limitent pas leurs fixations à la représentation, ils peuvent aussi spontanément orienter leur regard vers des éléments ayant trait à la composition. Ainsi, la zone centrale qui crée un effet de profondeur est la zone qui les attire le plus. L'effet de la profondeur est également mesuré dans cette étude par des changements accrus de l'angle de vergence à la fois pendant les saccades et lors des fixations qui ne devraient pas pouvoir être observés devant une image en 2D sur un écran placé à 50 cm. L'étude propose deux analyses possibles de ce phénomène : on peut postuler qu'une composante haut niveau de la perception de la profondeur picturale amène les yeux vers un espace pictural virtuel en trois dimensions. Une autre interprétation serait que les changements de l'angle de vergence correspondent à des réponses différentes aux ambiguïtés des différentes profondeurs dans le tableau et à la compression de la perspective.

Une étude d'Alexandra Wallner, Annick Weil-Barais et Hana Gottesdiener (2009, étude présentée dans *Esthétique et complexité*, sous la direction de Zoï Kapoula et Louis-José Lestocart, 2011) interroge l'influence de la médiation culturelle de type audioguide dans l'exploration visuelle d'une peinture, et montre qu'un commentaire sur la composition a pu orienter le regard vers le miroir qui se situe en arrière-plan dans *Les Ménimes* de Velasquez chez des participants étudiants qui ne connaissaient pas ce tableau. L'étude montre aussi que les participants ayant perçu ce miroir le recherchent aussi dans la transposition moderne du tableau par Picasso, laissant supposer un apprentissage d'analyse visuelle des œuvres d'art.

1.1.3.4. Les études contemporaines.

Près d'un siècle après les premières études de Buswell, la technologie de l'eye tracking a beaucoup progressé et permet de tester plus finement des hypothèses.

Par exemple, dans une étude intitulée « When Art Move the eyes : A Behavioral and Eye-Tracking Study », Davide Massaro, Frederica Savazzi, Cinzia Di Dio et *al.* (2012) tentent de déterminer les situations où les régions d'intérêt (les ROI) sont déterminées

par des éléments qui impliquent un processus *bottom up* et les situations dans lesquelles ce sont les éléments qui impliquent un processus *top down* qui déterminent les ROI. Ils observent que lorsqu'un visage est présent dans le tableau, c'est le visage qui attire le plus le regard, mais dans une scène naturelle, ce sont les couleurs, la complexité ou le dynamisme visuel.

1.1.3.5. Synthèse des études d'eye tracking sur les tableaux et champs d'étude à explorer.

Les études d'eye tracking sur des tableaux nous ont donc appris que le regard orientait ses saccades vers les zones sémantiquement intéressantes et le centre, régions qui correspondent souvent dans un tableau, et que ces régions sont visées dès le début. Les études ont montré qu'une première phase d'exploration était globale et qu'elle était suivie par une phase qui revenait sur les détails repérés, tout en montrant que même lorsqu'on allongeait le temps d'exposition au tableau, le regard revenait sans cesse sur les mêmes zones identifiées comme significantes. Les études ont mis en évidence l'importance du processus *top down* dans l'exploration d'un tableau en montrant que des instructions ou les connaissances, que ce soit la connaissance du titre d'un tableau, des connaissances en art sur la composition, une médiation culturelle comme un commentaire sur la composition orientent l'exploration visuelle d'un tableau. Les études ont également repéré l'influence de la composition picturale qui guide le regard même de personnes novices.

Ces études ont été faites sur écran, ou sur des reproductions, à l'exception de l'étude sur *Study of a dog* de Bacon (Kapoula 2006). Retrouverait-on cette attirance pour le centre et les aires significantes dans une étude *in situ* ? Dans un musée, le rapport à l'œuvre est différent, c'est un rapport plus physique, le corps et la tête sont mobilisés pour placer les yeux devant l'œuvre, et pour placer la fovéa sur les aires d'intérêt, les saccades doivent nécessairement être plus amples. Le stimulus que représente le tableau est beaucoup plus grand, apparaît premièrement en vision périphérique, foisonne de détails visuels représentationnels et relatifs à la texture, à la touche. Les aires d'intérêt seront-elles visées plus ou moins précisément, plus ou moins rapidement ? Les connaissances en art ou l'habitude de regarder des œuvres,

la fréquentation des musées influenceront-elles davantage le parcours oculaire sur une œuvre dans un contexte écologique ? Quel sera l'effet de la composition d'un tableau réel ?

Consacrer une étude à la première saccade sur des tableaux et des statues dans un contexte muséal est encore, d'après nos informations, inédit. La perception esthétique chez les enfants est un domaine également qui reste à explorer.

1.2. Pistes de recherche et Problématique

Au regard de ces expériences contemporaines et des expériences des pionniers de l'eye tracking, ainsi que des théories novatrices des scientifiques sur l'artiste comme un neuroscientifique, de l'œuvre d'art comme un stimuli qui facilite la perception, de l'expérience esthétique comme une expérience motrice ; au regard des intuitions des intellectuels tels que Gombrich qui postulait que les habitudes culturelles pouvaient nous donner la clé d'une œuvre, ou encore que certaines découvertes en peinture avaient permis de reproduire les conditions d'une impression visuelle pour générer une illusion d'éblouissement, de profondeur, de mouvement, ou encore de celle d'Arnheim qui a développé une théorie sur le pouvoir d'attraction du centre dans un tableau ou une statue, ainsi que de toutes les interrogations qui jaillissent des œuvres de l'art contemporain, plusieurs pistes de recherche se sont ouvertes à nous.

1.2.1. Étudier l'influence de l'expertise et des pratiques muséales.

Il nous a semblé intéressant de tester l'influence de l'expertise et de l'habitude à regarder des œuvres d'art en contexte muséal, dans la continuité de l'expérience de Zoï Kapoula sur *Study of a dog* de Bacon.

Nous avons ainsi voulu tester si dès la première saccade un comportement oculomoteur spécifique se remarquait entre des groupes aux pratiques muséales

différentes et d'âge différent pour évaluer si l'âge et l'expérience modulaient le comportement oculomoteur dès la première saccade. Pour cela, nous avons souhaité mener une expérience d'eye tracking dans un contexte muséal, ce que permettent les nouveaux eye tracker qui se présentent sous forme de lunettes.

Nous avons également souhaité inclure dans notre expérience de jeunes enfants. Les expériences de Buswell ayant indiqué que peu de différences existaient entre les patterns d'enfants de 12 ans et ceux de jeunes adultes, nous avons donc souhaité inclure dans l'étude de très jeunes enfants, qui auraient l'âge suffisant pour porter les lunettes : nous avons donc constitué un groupe d'enfants de 5 ans et un autre de 8-10 ans afin de les comparer à un groupe constitué de jeunes adultes.

1.2.2. Étudier la première saccade.

Les études depuis Buswell et Yarbus ayant montré que c'étaient les régions les plus riches en informations sémantiques qui étaient visées et fixées en premier dans les tableaux de peinture, et plusieurs études contemporaines sur écran (Locher, 1996a, 1996b) décrivant les premières saccades comme un survol sur les zones les plus significatives de l'œuvre, nous avons souhaité regarder comment l'œil explore des tableaux de peinture dans un contexte écologique, si les observations sur écran se vérifieraient *in situ*.

Étant donné aussi le biais bien connu que représente l'attirance vers le centre lors de la première saccade dans les études sur écran, et l'intérêt que porte le domaine marketing sur la première saccade considérée comme la plus spontanée et identifiée comme ayant un impact particulier sur l'achat d'un produit, nous avons souhaité concentrer notre étude sur ce puissant indicateur du comportement visuel que constitue la première saccade et repérer quelle zone serait premièrement visée dans un contexte écologique.

Retrouvera-t-on cette attirance pour le centre et les motifs représentationnels dès la première saccade ? Quel sera l'impact de la composition ?

Puisque les études montrent qu'une consigne influence de manière marquée le parcours oculaire, nous avons souhaité une expérience la plus spontanée possible sans aucune consigne, ni accompagnateur, et des enregistrements longs dans lesquels les sujets oublieraient le dispositif d'eye tracking, cela étant permis par les lunettes. Nous pensons par cette méthodologie, capturer le comportement spontané du regard devant des œuvres d'art dans un musée.

1.2.3. Étudier des stimuli esthétiques de nature différente : des tableaux, des statues, et comment les saccades se comportent lors des perceptions illusionnistes.

Nous avons aussi souhaité comparer ces données sur la première saccade sur des tableaux en milieu naturel avec des enregistrements sur la première saccade sur une statue, les études *in situ* sur des statues réelles n'ayant jamais été réalisées selon nos recherches, et les données sur les statues avec des données sur la première saccade sur une statue dans un tableau, et sur des personnes réelles.

Enfin, nous avons souhaité étudier si l'on pouvait observer des *patterns* particuliers lors des illusions de mouvement et de profondeur et les comparer à des observateurs qui ne ressentiraient pas cette illusion.

Où l'œil oriente-t-il sa première saccade lorsqu'il vise un tableau de peinture ou une statue dans un musée ? L'habitude de regarder des tableaux dans les musées peut-elle influencer le comportement oculomoteur dès la première saccade ? Dans quelle mesure l'artiste, par son art de la composition, contraint-il l'œil à orienter cette première saccade vers une zone qui serait la porte d'entrée dans son œuvre. Et dans quelle mesure l'œil habitué à fréquenter des tableaux obéissant à une certaine composition orienterait sa première saccade telle une clé pour ouvrir le tableau ? Le regard neuf de jeunes enfants peu habitué à regarder des tableaux dans un musée aura-t-il un comportement différent des novices adultes ?

Ce sont ces questions qui ont guidé l'analyse de données recueillies à l'aide d'un eye tracker mobile, les Tobii Glasses Pro, lors d'une grande exposition impressionniste qui s'est tenue au musée des Beaux-Arts de Rouen durant l'été 2013 : « Éblouissants reflets, 100 chefs-d'œuvre impressionnistes ».

1.3. Méthodologie générale.

1.3.1. Le lieu des enregistrements et les stimuli.

1.3.1.1. L'intérêt de l'exposition impressionniste « Éblouissants reflets » au Musée de Rouen.

Le grand festival « Normandie impressionniste », qui a lieu tous les 3 ans, est l'occasion de grandes manifestations culturelles autour de l'impressionnisme et bat des records d'affluence à chaque édition. S'ils ont été refusés des expositions lorsque les peintres tentaient de les faire connaître, les tableaux impressionnistes bénéficient aujourd'hui d'un engouement chez un large public qui reste inexplicable selon les études de sociologie anglo-saxonnes¹⁴ qui se penchent sur la question, mais déjà noté par Bourdieu en 1979 dans *La Distinction*¹⁵. Une exposition impressionniste est un grand événement populaire qui réunit toutes les catégories sociales et culturelles et toutes les tranches d'âge : par exemple, Monet détient encore à ce jour le record d'entrées (920 000 entrées) pour sa rétrospective au Grand Palais en 2010, la double exposition au musée Marmottan et au musée du Luxembourg sur « La vie et l'œuvre » de Pissaro en 2017 a connu un grand succès, des records d'entrées pour des expositions

¹⁴Ces études mettent en évidence l'importance d'un public populaire et féminin et questionnent pourquoi l'impressionnisme en est venu à représenter la notion même d'art dans la culture populaire.

¹⁵Dans *La Distinction*, sous-titrée *Critique sociale du jugement*, Pierre Bourdieu propose une théorie sociologique des goûts et des styles de vie. Il fait de l'impressionnisme le courant artistique qui réunit les trois catégories sociales que sont « les classes populaires, la petite bourgeoisie et les classes dominantes », et toutes les catégories culturelles.

impressionnistes ont été battus également à Sao Paulo, à Edimbourg¹⁶, aux États-Unis, en Australie, en Chine. Le festival « Normandie impressionniste » fait partie de ces records d'entrées que les musées doivent à l'impressionnisme, la seconde édition en 2013 a enregistré 1,8 millions de visiteurs.

À l'occasion du festival impressionniste de 2013 qui avait pour thème « les reflets », le musée des Beaux-Arts de Rouen, en collaboration avec la Réunion des musées nationaux-Grand Palais, a organisé une exposition remarquable, « Éblouissants reflets, 100 chefs d'œuvres impressionnistes », qui a reçu le label d'intérêt national par le ministère de la Culture. Cette exposition était remarquable par son thème inédit, celui des reflets, le nombre important d'œuvres reconnues comme des chefs d'œuvre, et parmi elles le nombre important d'œuvres qui avaient pu être empruntées aux musées étrangers (78 sur les 164 œuvres exposées), en particulier américains et anglais et qui étaient donc des œuvres jamais vues en France. Du 29 avril au 30 septembre 2013, les visiteurs ont pu découvrir 40 toiles de Monet, celles d'autres grands maîtres de l'impressionnisme tels Sisley, Renoir, Caillebotte, Pissaro, de leurs précurseurs : Turner, Jongkind, et de leurs successeurs, Cézanne, Seurat, Signac, Toorop, Luce ; des toiles de composition plus classique comme celles de Lépicié voisinaient avec des toiles à la composition audacieuse de Berthe Morizot, de Sisley, de Florain et de Monet, et les reflets en peinture voisinaient avec les premières expériences argentiques des pionniers de la photographie que sont Demachy, Emerson ou Atget.

¹⁶Des dizaines de milliers de visiteurs pour l'exposition « *Paris, impressionismo e modernidade* » à Sao Paulo en 2012, 100 000 visiteurs en deux mois à Edimbourg pour l'exposition « *Impressionist Gardens* » en 2016.

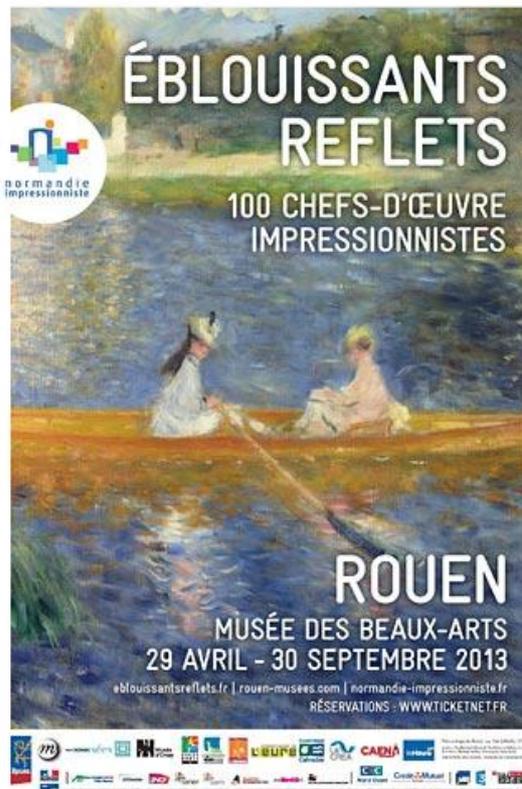


Figure 1.4. L'affiche de l'exposition « Eblouissants reflets », au musée des Beaux-Arts de Rouen, avril à septembre 2013. ©Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie.

En découvrant cette exposition si belle, si originale et si variée, j'ai souhaité y mener l'expérience d'eye tracking que je souhaitais mener depuis la fin de mon master en sciences cognitives¹⁷ sur la perception des images. Pour comprendre la spécificité de la perception esthétique, il me paraissait intéressant de comparer les saccades oculaires sur différents types d'œuvres d'art visuel par exemple des peintures et des statues, sur des tableaux et la réalité ; de découvrir où l'œil orientait sa première saccade sur un tableau de peinture ; de mesurer l'impact de l'âge, de l'amateurisme

¹⁷Percevoir une image comme une image, Pour une approche perceptive de l'image, mémoire de Master de recherche en sciences cognitives (Cogmaster), EHESS, Institut Jean Nicod, 2007-2008 rédigé sous la direction de Jérôme Dokic, et soutenu en 2008.

et de l'expertise en comparant les saccades oculaires de personnes plus ou moins habituées à aller dans les musées, et d'âges différents.

L'exposition « Éblouissants reflets » présentait beaucoup d'avantages pour récolter des données intéressantes. Premièrement, l'intérêt esthétique que pouvaient susciter les œuvres de cette exposition chez tous les participants, y compris chez les enfants et les sujets que je nommerai « novices », qui n'étaient jamais allés dans un musée et que je souhaitais comparer à des visiteurs passionnés par la peinture. Cet intérêt pour les stimuli présentés semble une condition nécessaire lorsqu'il s'agit d'étudier la perception esthétique. Des sujets qui n'auraient aucun intérêt pour les œuvres présentées seraient dans des conditions psychologiques trop différentes de sujets passionnés par l'exposition.

Deuxièmement, le fait qu'une grande partie de ces œuvres ne soient pas très connues plaçait tous les participants dans un même état de découverte.

Troisièmement, la grande variété des tableaux du point de vue de leur composition permettrait aussi de préserver l'effet de surprise chez les participants sans qu'une composition donnée accoutume le regard à des stimuli trop répétitifs et biaise les résultats. De plus, cette grande variété dans la composition allait me permettre de mesurer si la composition pouvait avoir une influence dès la première saccade oculaire (expérience 2 de la première étude).

Quatrièmement, le caractère illusionniste de certains tableaux impressionnistes allait me permettre d'étudier sur quels groupes de sujets, les experts, les amateurs, les novices ou les enfants, l'illusion fonctionnait le mieux et surtout si l'on pouvait observer grâce à l'eye tracking des patterns de l'illusion. L'impressionnisme, nous l'avons rappelé dans notre passage consacré à Gombrich, cherche à reproduire sur la toile les données de l'impression visuelle, les peintres impressionnistes sont des illusionnistes. Aussi, certains tableaux de l'exposition pouvaient créer une illusion de mouvement, d'autres de profondeur, susciter un éblouissement, et tous cherchaient à reproduire l'illusion du reflet. Un dispositif invitait d'ailleurs le visiteur à prendre du recul et à regarder le tableau de loin afin de ne pas manquer l'effet de profondeur qui faisait miroiter les reflets dans un tableau de Monet, *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam*, 1871.



Figure 1.5. Dispositif muséographique, dans une salle du musée, pour inciter les visiteurs à prendre du recul et contempler le tableau de loin, et faire miroiter les reflets.

Cinquièmement, pouvoir faire des enregistrements au sein du musée des Beaux-Arts de Rouen présentait aussi l'opportunité d'analyser le comportement oculomoteur sur des statues et de le comparer à celui observé sur les tableaux. En effet, les expositions présentées au musée des Beaux-Arts sont toujours divisées en deux parties entre lesquelles le visiteur traverse un patio, également appelé « le jardin des statues » où sont exposées 7 belles statues du XIX^{ème} siècle, ainsi que trois tableaux grands formats dont un peut être vu, toute proportions gardées, comme une mise en abyme de ce patio, l'immense toile aux cent personnages, de plus de six mètres de large, *Un Vendredi au Salon des artistes français* (1911) de Jules-Alexandre Grün qui représente la société parisienne de la Belle Époque discutant au milieu de statues sous la verrière du Grand Palais. L'une des statues ressemble d'ailleurs à l'une des statues du patio du musée. Cet autre espace d'exposition sous la verrière dans lequel les participants arrivaient après avoir vu la première partie de l'exposition « Éblouissant reflets » nous permettait donc de répondre à notre objectif qui était de comparer les saccades sur des statues et des tableaux, des œuvres d'art et la réalité, et même de comparer le comportement oculomoteur sur des statues dans la réalité et dans un tableau.



Figure 1.6. Photographie en plongée du patio appelé « Le jardin des sculptures », avec le tableau de Grün, sous la verrière du Musée des Beaux-Arts de Rouen. ©Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie.

1.3.1.2. Mise en place de l'expérience.

Au mois de mai, nous avons fait des demandes d'autorisation pour effectuer des enregistrements d'eye tracking dans le musée auprès du commissariat de l'exposition du musée des Beaux-arts, de l'association Normandie Impressionniste ainsi que de la DRAC (Direction Régionale des Affaires Culturelles de Haute-Normandie). Ce projet d'expérience avec un eye tracker a immédiatement été perçu avec un intérêt de la part de ces différents organisateurs de l'exposition. A condition de ne pas publier de photographies ni de vidéos de certaines peintures américaines ou anglaises qui obéissent à un droit à l'image strict, nous avons reçu l'autorisation d'enregistrer et de recruter des participants aux horaires d'ouverture de l'exposition et sur toute la durée de l'exposition à condition de fournir le planning de notre présence dans le musée. Les services du musée nous ont confié un pass pour nous et un pass pour le participant, qui a donc pu bénéficier de la gratuité à cette exposition. Cette gratuité du ticket d'entrée d'une valeur de 9 euros pouvait constituer une forme d'indemnisation pour les participants à l'expérience. Nous avons pu bénéficier d'échanges riches avec les conférenciers qui ont partagé avec nous leurs connaissances sur les œuvres exposées, les réactions des visiteurs sur certaines œuvres et leur expertise sur la composition des tableaux. En signe de gratitude envers la générosité et l'intérêt du

musée des Beaux-Arts, nous leur avons envoyé un petit rapport sur ce que nous avait appris cette expérience, axé sur la muséologie. Les résultats précis et quantifiés présentés dans cette thèse restent cela dit inédits.

1.3.1.3. Les stimuli.

Nous avons enregistré les saccades sur la première partie de l'exposition « Éblouissants reflets » qui comprenait 80 œuvres : 1 statue, 34 photographies, 45 tableaux impressionnistes, ainsi que sous la verrière du musée qui abrite 3 tableaux grands formats du début du XX^{ème} siècle d'un style académique et 8 statues du XIX^{ème} siècle. Ce patio appelé aussi « Jardin des statues » est un espace que les visiteurs des expositions rouennaises traversent avant de rejoindre la deuxième partie de l'exposition. Cette verrière est aussi un espace de convivialité où les visiteurs peuvent faire une pause dans leur visite, ils peuvent s'asseoir et même s'attabler et boire un verre. C'est dans ce patio que l'expérimentateur retrouvait les participants à l'issue de leur visite de la première partie de l'exposition, il leur était alors demandé de visiter également cet espace en regardant les 8 statues.

Nos enregistrements se sont déroulés du 17 juin au 5 août 2013 sur des créneaux horaires de moindre affluence : le matin de 9h à midi ou après 17h.

1.3.2. Les participants.

Tous les participants retenus dans les études présentées dans cette thèse étaient en bonne santé, dépourvus de troubles psychiques et avaient une acuité visuelle normale ou corrigée par des lentilles, ou par une chirurgie de la myopie ou de la cataracte.

1.3.2.1. Âge et niveau d'expertise.

Les participants étaient tous Français, ayant suivi un cursus scolaire entier en France.

Nous avons cherché à constituer trois groupes selon leurs pratiques muséales: un groupe de novices en art, constitué de personnes qui n'étaient jamais allées dans un musée (les purs novices) ou qui avaient visité moins de trois fois un musée de peinture ; un groupe d'amateurs constitué de personnes aimant les tableaux de peinture, habitués à en voir très fréquemment dans les musées (qui avaient vu au moins dix grandes expositions impressionnistes et qui s'étaient rendus au cours des six derniers mois au moins cinq fois dans un musée), mais qui étaient des autodidactes de l'art, c'est-à-dire qu'ils n'avaient jamais suivi de formation sur l'art, qu'ils n'avaient aucune pratique artistique, et qu'ils n'étaient pas habitués à théoriser l'art ; et un dernier groupe d'experts qui, au contraire des amateurs, avaient une activité de peintre ou une fréquentation quotidienne de la peinture par leur métier de conférencier ou d'enseignant en histoire de l'art, ce groupe était habitué à analyser la composition des œuvres. Pour constituer ces groupes, je me suis appuyée sur un questionnaire (ANNEXE 1) portant sur les pratiques muséales des participants, leur connaissance des œuvres impressionnistes, et leur implication personnelle et émotionnelle durant la visite, ainsi que des caractéristiques individuelles (âge, sexe). Après chaque session d'enregistrements, l'expérimentateur est revenu dans l'exposition avec le participant sur au moins un tableau qu'il disait avoir apprécié, et nous avons pu constater que l'expert évoquait spontanément la composition du tableau. Nous avons écarté de notre groupe d'amateurs les participants qui s'exprimaient en termes techniques, qui montraient des connaissances avancées en termes de composition picturale, et qui évoquaient en premier la composition.

Nous avons également constitué un groupe d'enfants de 5 à 10 ans : quatre enfants de 5 ans avant leur entrée en classe de CP et cinq enfants de 8 à 10 ans.

1.3.2.2. Recrutement et éthique.

Pour cette étude *in situ* sur un large public, le recrutement s'est déroulé sur la base du volontariat. Nous avons recruté les volontaires dans la file d'attente (notamment pour le groupe des amateurs), ou sur invitation (pour les enfants, les novices et les experts). Tous les participants ont pu bénéficier d'une entrée gratuite pour visiter l'exposition, ce qui constituait une forme d'indemnité.

L'expérimentateur informait chaque participant des objectifs globaux de l'étude. Il s'assurait que tous les participants avaient compris que leur parcours oculomoteur et leurs paroles seraient enregistrées et feraient l'objet d'une analyse. Il expliquait la technique du reflet cornéen, en rappelant au sujet que la lumière infrarouge était inoffensive. Les lunettes en elles-mêmes étaient légères (45 grammes) et permettaient une liberté de mouvement. Le boîtier, accroché à la ceinture ou tenu par le sujet, n'entravait pas non plus ses mouvements. Le participant était libre de regarder les œuvres autant de temps qu'il le souhaitait. Les adultes ont visité seuls l'exposition.

1.3.3. Le matériel et le protocole expérimental.

1.3.3.1. Le matériel.

Pour enregistrer les mouvements des yeux en contexte muséal, nous avons utilisé un eye tracker portatif de la société Tobii (Tobii AB, Danderyd, Stockholm, Suède) qui se présente sous forme de lunettes : les Glasses Pro 1, 2ème version 2010.

Les Glasses Pro de la société Tobii (figure 1.7) sont équipées de deux petites caméras : une caméra de champ qui filme la scène et une caméra qui filme l'œil, ainsi qu'un micro. Un porte jack relie les lunettes à un boîtier portatif qui contient une carte mémoire SD et le logiciel Tobii studio.

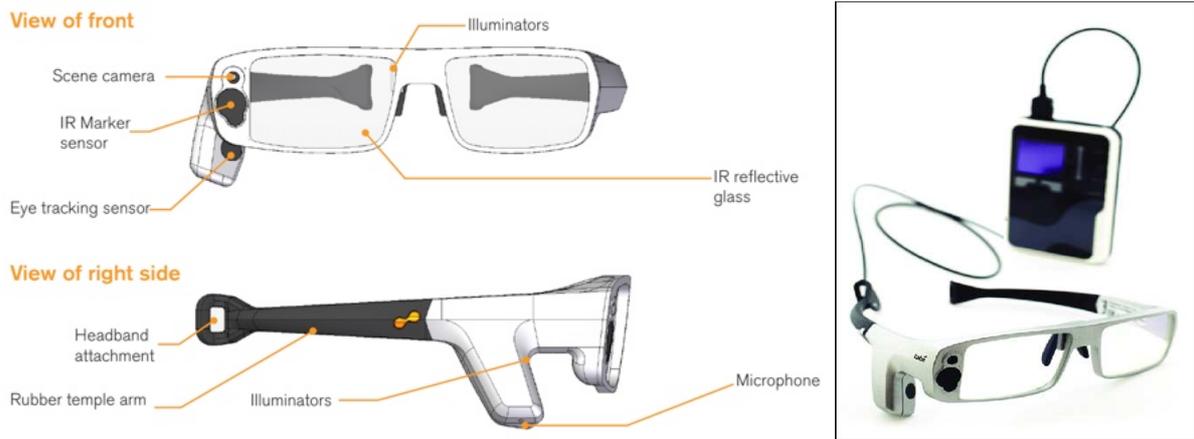


Figure 1.7. Photographie des Glasses 1 et du boîtier portable, droits d'auteur Tobii Technology.

La technique utilisée par la société Tobii, comme pour la majorité des eye tracker, est celle du reflet cornéen provoqué par une illumination du centre de la pupille grâce à une lentille infrarouge. La caméra enregistre la direction du regard qui indique les endroits ciblés. Le logiciel récupère un vecteur, les informations sont exprimées sous forme de variables dans le temps et dans l'espace. Le logiciel permet de fusionner les images de la scène vue et les images des mouvements des yeux et de présenter ainsi où l'œil s'est posé dans la scène vue.

La caméra qui filme la scène a une résolution de $640 * 480$ pixels, une précision d'angle de $0,5^\circ$ pour toutes les distances d'après les données statistiques de la société Tobii, et une précision temporelle de 1200 Hz. La fréquence d'analyse de la caméra qui filme le mouvement des yeux de l'eye tracker que nous avons utilisé est de 30Hz. L'eye tracker pèse une centaine de grammes. Le boîtier s'accroche à la ceinture et permet d'avoir les mains libres et d'oublier le dispositif.

Pour l'étalonnage (« the calibration » en anglais) de l'eye tracker, l'expérimentateur a demandé au participant de se placer face à un mur blanc avant d'entrer dans l'exposition en lui indiquant une distance de deux mètres. L'expérimentateur lui a ensuite demandé de fixer successivement neuf points aléatoires générés par des marqueurs infrarouges connectés aux lunettes afin d'enregistrer la position exacte de l'œil. L'étalonnage était recommencé jusqu'à ce que tous les points puissent être

enregistrés par le logiciel. Pour les enfants, la calibration a pu être répétée plusieurs fois. Tous les enregistrements retenus pour les expériences étaient évalués par le logiciel au-dessus de 80% des mouvements des yeux.

Les films enregistrés dans la carte SD peuvent être visionnés sur un ordinateur PC grâce au logiciel Tobii studio. Le logiciel Tobii studio donne un accès direct à des informations précises sur le regard en indiquant les coordonnées du regard sur l'image de la scène avec une grande précision temporelle. L'expérimentateur peut voir les points du regard superposés sur la scène. Il peut mesurer précisément le temps passé sur un objet, faire des arrêts sur image, des ralentis et des zooms, faire des repères sur les vidéos, couper des vidéos et les exporter. Le logiciel génère des cartes de chaleur et des cartes de gaze plot dynamiques.

L'avantage de l'eye tracker sous forme de lunettes est qu'il permet de suivre la direction du regard en mobilité avec une puissance de calcul suffisante pour remplacer un ordinateur. L'eye tracker que nous avons utilisé était aussi performant sous des éclairages différents et même en lumière naturelle, ce qui était essentiel pour notre expérience au cours de laquelle le participant devait passer du faible éclairage de certaines salles d'exposition aux œuvres exposées sous la verrière.

1.3.3.2. Limites et biais des eye trackers mobiles et choix d'une métrique fiable.

Un eye tracker mobile n'est pas aussi performant qu'un eye tracker fixe, et cela reste le cas avec la dernière génération de lunettes. Par conséquent, l'expérimentateur doit garder en tête que, sur les cartes de gaze plots dynamiques, les représentations des saccades par des lignes rouges et des fixations par des points rouges ne sont précisément que des représentations.

En effet, la fréquence d'échantillonnage à 30Hz (soit toutes les 33 millisecondes) du matériel utilisé ne permet pas d'observer les saccades oculaires qui sont extrêmement brèves et rapides avec une vitesse variant de 400 à 800 degrés par seconde et une durée comprise entre 30 et 120 millisecondes, certaines pouvant même avoir une durée comprise entre 10 et 20 millisecondes. Or, l'eye tracker d'une

fréquence de 30Hz prélève un échantillon toutes les 33 millisecondes et génère alors un point rouge appelé « gaze plot » qui permet de situer l'endroit où vise l'œil durant les 33 millisecondes qui correspondent à la période d'échantillonnage. Le tracé rouge ne représente donc que le tracé supposé de la saccade entre deux prélèvements d'échantillon.

Les points rouges également ne sont pas nécessairement des images des fixations réelles du sujet, et doivent également être interprétés. La durée d'une fixation varie de 100 à 600 ms. Par conséquent, il faut la représentation d'au moins trois points rouges (gaze plots) qui correspondent à une durée de 33 ms dans la même zone, pour que l'on puisse interpréter les trois gaze plots comme une fixation oculaire.

La nécessité de choisir une métrique fiable s'imposait. Par exemple, la longueur des saccades, leur durée, ou encore le nombre de fixations dans une zone est impossible à quantifier sans une marge d'erreur trop importante. Au contraire, le nombre de visites représentées par au moins trois gaze plots dans une zone est fiable, ainsi que la durée dans chaque zone, ou encore le circuit global sur une zone.

L'interprétation de la première fixation, à condition qu'elle soit représentée par au moins trois points rouges sur un nouvel objet, est donc très fiable. Le matériel utilisé était donc pertinent pour analyser cette première fixation sur les tableaux qui nous intéressait. Mais repérer la première saccade pour chaque tableau et chaque participant impliquait un codage manuel très long et de longues heures de visionnages des enregistrements. Le codage manuel reste nécessaire pour la nouvelle génération d'eye tracker plus puissants commercialisés cette année.

1.3.3.3. Protocole expérimental.

Notre objectif : Une expérience naturelle.

Notre objectif était d'analyser un comportement le plus naturel possible, qui permette les mouvements de tête, les déplacements libres au sein des salles, d'un tableau à l'autre, et dans l'ordre spontanément choisi par les participants et sans présence de distracteurs.

Pour cela, nous avons fait le choix d'un eye tracker sous forme de lunettes et de ne pas placer de barre ni de marqueurs infrarouges sur les tableaux. Les marqueurs dans une expérience *in situ* avec des lunettes présentent l'avantage de faciliter le travail d'analyse grâce au logiciel qui permet de repérer les cibles. Mais notre expérience sur l'ensemble des tableaux d'une exposition aurait nécessité un trop grand nombre de stimuli, et les marqueurs auraient perturbé ce que nous voulions observer : l'endroit visé en premier lors de la détection d'un tableau de peinture. Or, le regard aurait pu viser ces marqueurs ou la barre infrarouges, la forme du tableau aurait également été légèrement modifiée par ces dispositifs.



Figure 1.8. Un participant avec l'eye tracker en visite libre dans l'exposition.

Pour retrouver les conditions d'une visite la plus spontanée possible, nous avons choisi de réaliser des enregistrements longs et sans consigne directive. Nous avons simplement demandé au participant de visiter la première partie de l'exposition en essayant de regarder chaque œuvre, en oubliant les lunettes s'il le pouvait, dans l'ordre qu'il le souhaitait et de passer le temps qu'il le souhaitait sur une œuvre. Au terme de l'exposition, nous retrouvions le participant dans le patio et je lui demandais de faire le tour du patio en regardant chaque statue. Je le retrouvais près du tableau grand format de Grün qui se trouvait à côté de la dernière statue. J'indiquais au

participant de se placer au début à une distance d'environ 4 mètres et de s'approcher s'il le souhaitait. Puis, je remplissais le questionnaire sur les pratiques muséales, ses connaissances sur l'impressionnisme et ses impressions sur l'exposition. Je l'invitais ensuite à retourner dans l'exposition avec moi pour discuter d'un tableau qui lui avait particulièrement plu, et je lui montrais les deux tableaux de Monet, *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam* qui peut provoquer une illusion de profondeur importante et le tableau *Champ de tulipes en Hollande* qui peut susciter une forte illusion de mouvement.

La seule contrainte temporelle du matériel utilisé était que la batterie imposait un enregistrement ne pouvant pas excéder 1h15. La durée moyenne des enregistrements pour les participants adultes fut de 50 minutes, avec un écart de 30 minutes à 1h10. La longueur de l'enregistrement permettait l'oubli du dispositif et de supprimer un biais essentiel : l'effet bon élève qui pousse le participant à faire plaisir à l'expérimentateur. Il a été prouvé qu'au bout de quelques minutes, le participant d'une expérience gagne en spontanéité. Nous n'avons analysé les données qu'à partir de la deuxième salle, soit à partir d'environ 3 minutes d'enregistrement.

La longue durée des enregistrements et la multiplicité des stimuli regardés dans des ordres différents d'un sujet à l'autre, ont impliqué de longues heures de visionnage pour repérer les premières saccades sur chaque tableau et sur chaque statue pour l'ensemble des participants. La longueur des enregistrements et l'absence de consigne directive nous a cependant semblé nécessaires pour que l'expérience en milieu écologique prenne tout son sens.

Dans les études qui suivent, nous présentons trois études sur la première saccade. Une première étude portera sur la première saccade sur les tableaux de peinture chez les adultes (chapitre 2). Une deuxième étude l'étudiera chez les enfants (chapitre 3). Une troisième étude portera sur la première saccade sur des statues (chapitre 4). Nous présenterons ensuite une étude subsidiaire qui comparera le comportement oculomoteur chez des sujets rapportant voir une profondeur ou du mouvement dans deux tableaux de Monet avec le parcours de sujets qui rapportent ne pas être sujet à cette illusion.

2. La première saccade sur un tableau de peinture.

Où se pose notre regard lors du premier coup d'œil sur un tableau de peinture ? Ce premier regard est-il modulé par notre habitude à fréquenter des musées, par la composition du tableau, la configuration spatiale des éléments représentés, leur saillance ?

Ce chapitre présente une étude qui analyse la première saccade sur les tableaux de peinture de la première partie de l'exposition impressionniste « Éblouissants reflets ».

Les études en laboratoire ont observé que les saccades oculaires s'orientaient essentiellement vers le centre des peintures, notamment durant les premiers instants de l'exploration. Qu'en est-il dans un contexte écologique sur des tableaux en taille réelle ?

2.1. L'attraction pour le centre des images : un biais bien connu dans les expériences d'eye tracking sur écran.

2.1.1. Une attirance pour le centre des images dans les premiers instants de l'exploration observée dans les expériences sur écran.

Dès les premiers enregistrements des mouvements des yeux avec un eye tracker, Buswell (1935) puis Yarbus (1965) ont observé une forte tendance à regarder plus fréquemment le milieu de l'image. Plusieurs études ont depuis confirmé ce biais central dans la distribution des fixations sur tout type d'images, notamment dans les premiers instants de l'exploration visuelle, à tel point que l'attraction pour le centre est considérée comme un biais dans les études d'eye tracking sur écran. Pour neutraliser ce biais, dans nombre d'études de psychophysique ou de marketing, les expérimentateurs génèrent un marqueur central avant de projeter l'image pour contraindre tous les sujets à fixer en premier le centre de l'image, et l'analyse des données commence à la deuxième fixation. Ce marqueur peut néanmoins induire un certain comportement oculomoteur vers une exploration du centre en premier. D'autres chercheurs font le choix de précéder la présentation de l'image d'un point à l'extérieur de l'image, généralement en bas à gauche. C'est le parti pris de Calvin Nodine, de Paul Locher et de Zoï Kapoula dans leurs études sur les tableaux de peinture ; et ils observent alors également une attirance des premières saccades pour le centre du tableau (Nodine 1982, 1987, Locher 1996, Kapoula 2002). Nodine mesure que l'attraction pour la région centrale des tableaux s'observe dans la première seconde d'exploration, au cours des trois premières fixations (1982). Nodine et Locher font correspondre ces premières fixations vers le centre à une première étape dans l'exploration du tableau (Nodine 1982, Locher 1996). Cette attirance première pour le centre des tableaux observée dans ces études fait écho à l'entrée dans l'œuvre décrite par les livres d'art dont les auteurs perçoivent intuitivement que l'œil est en premier attiré par le centre qui correspond souvent soit au premier plan, soit à l'arrière-plan dans un tableau.

Cette prégnance du centre est donc bien connue des études sur écran ; mais, comme le remarquent Tatler et Bindermann, elle reste inexplicite. Tatler (2007) et Bindermann (2010) ont démontré l'insuffisance des différents biais couramment

invoqués qui tendent à relativiser l'attraction pour le centre (biais moteur lié à la présence d'un marqueur central lors des études sur écran, centralité des détails importants dans l'image). Ils ont montré que l'attirance pour le centre des photographies persistait lorsqu'on place un marqueur éloigné du centre de l'image ou lorsqu'on propose des images avec des formes excentrées (Tatler 2007), ou encore lorsqu'on transforme les images et qu'on décale les formes initialement centrées dans l'image (Bindemann 2010). La prégnance du centre d'une image sur écran est donc connue, elle ne peut pas être expliquée par les différents biais que sont le marqueur central ou la présence de formes au centre, et elle est elle-même considérée comme un biais. Quelles hypothèses peuvent être formulées pour tenter d'expliquer cette prégnance du centre ? Retrouvera-t-on cette attirance pour le centre lors de la première saccade sur un tableau dans un contexte écologique ? La présence physique d'un tableau nous aidera-t-elle à la comprendre ?

2.1.2. Hypothèses pour expliquer cette attirance pour le centre

Pourquoi le centre ? Nous formulons ici, en préalable à notre étude *in situ* sur des tableaux, quelques hypothèses qui nous sont suggérées par l'histoire de l'art, l'esthétique et les neurosciences.

L'histoire de l'art occidental nous enseigne que des règles de composition organisent une image autour du centre.

En ce qui concerne l'art occidental, les premières réflexions sur le beau datent de l'Antiquité et font de la symétrie, corrélée à la notion de centre, le premier principe du Beau. La symétrie, entendue comme la proportion entre toutes les parties, est présentée par Vitruve dans le *De architectura* (25 et 23 av J.C.) comme le pilier de tous les principes de composition. Dans le seul traité d'esthétique complet sur les arts visuels que nous ait légué l'Antiquité, la beauté est donc assimilée à la symétrie, au sens d'une répartition proportionnelle de part et d'autre d'une œuvre. L'ouvrage date

du classicisme augustinien, mais une composition centrale systématisée se remarque dans les mosaïques et dans les peintures romaines du II^{ème} et du I^{er} siècle av J.C., dans lesquelles le sujet principal est doublement mis en valeur par sa position centrale et par la présence d'un ou plusieurs cadres extérieurs et parfois par un cadre supplémentaire autour du sujet. On observe déjà la composition centrale dans les peintures étrusques (par exemple la tombe des Léopards) et les peintures grecques en médaillon du V^{ème} siècle avant J.C.

L'art de la proportion atteint son apogée avec les grands maîtres de la Renaissance et devient alors un art mathématique : « Ne lise pas mes principes qui n'est pas mathématicien. », écrit Léonard de Vinci dans son *Traité sur la peinture* (1490-1519). De la maxime au symbole, il fait entrer son *Homme de Vitruve* (ou *les proportions du corps humain selon Vitruve*, 1490) dans un carré et un cercle ayant pour centre le nombril, et détaille en termes mathématiques les proportions suggérées par Vitruve¹⁸. Léonard de Vinci s'appuie sur des principes déjà énoncés par Alberti et par Piero della Francesca lorsqu'il identifie la vision, régie par la géométrie, à la fonction intellectuelle. Il y ajoute un souci de naturaliser le concept de vision en nommant l'organe, l'œil et en pensant la perspective à partir de l'œil :

« La perspective est la loi rationnelle selon laquelle l'expérience nous montre que tous les objets envoient leur image à l'œil par voies pyramidales ; et les corps d'égale grandeur feront des pyramides plus ou moins aiguës selon leurs distances respectives. J'appelle « voies pyramidales » les lignes qui partent des surfaces et contours des corps et parviennent, en concourant de loin, à un point commun (...), et ce point, placé dans l'œil, reçoit en lui les sommets de toutes les pyramides. »¹⁹

Cette technique décrite par Léonard de Vinci de la perspective linéaire met en évidence que ces peintures sont construites à partir d'un centre qui est l'œil humain, conçu comme un point focal, à partir duquel s'organise toute la construction de la peinture. Certes, toutes les peintures de la Renaissance ne s'agencent pas toutes

¹⁸ Léonard de Vinci, *La Peinture, Écrits et propos sur l'art*, p. 118.

¹⁹ *Ibid*, p. 86.

selon une perspective mono-focale centralisée issue des écoles florentines, dont les peintures de Masaccio sont emblématiques. Certains peintres ont expérimenté la perspective bifocale, d'autres la composition dite de « la porte d'harmonie, » ou encore du nombre d'or qui implique au contraire une répartition au tiers, qui sera celle de la photographie et d'autres peintures ultérieures. Plus tard, les peintres adopteront une composition qui s'appuie sur des lignes de force et des points de force, et l'une des règles est précisément de distinguer le centre géométrique du tableau de son centre d'intérêt. Il n'en reste pas moins que la peinture occidentale s'est construite à partir du centre entendu comme le centre de la perception, que ce soit pour inscrire le sujet principal dans le centre géométrique ou s'en décaler légèrement.

L'histoire de la peinture nous a donc habitués à attendre un sujet central ou proche du centre dans un tableau. Il en est de même pour les photographies généralement utilisées dans les études sur écran, la photographie reprenant les règles de composition picturale, notamment la composition au tiers proche de « la porte d'harmonie ». Une hypothèse naturelle pour expliquer notre attirance pour le centre serait qu'une personne, ayant vu une grande quantité d'images dans sa vie, a acquis la connaissance empirique que le centre d'intérêt d'une image se trouve au centre ou proche du centre. Nous formulons l'hypothèse d'une stratégie visuelle acquise et inconsciente de l'œil qui aurait appris que le contenu sémantiquement intéressant se trouvait au centre, et qui s'orienterait de manière systématique vers le centre du tableau ; cette orientation répétée du regard vers le centre d'une image aurait généré une routine visuelle dès qu'il se trouve face à une image. Cette hypothèse s'applique d'autant plus aux tableaux de peinture puisque nous avons vu que l'histoire de la composition picturale s'est construite à partir de la notion de centre.

Pour valider cette hypothèse, nous nous demanderons si l'expertise en art, mais aussi l'amateurisme des personnes qui se rendent souvent dans les musées peuvent influencer l'attirance vers le centre d'un tableau. Et il nous semble intéressant de regarder si l'orientation du regard vers le centre d'un tableau que nous postulons s'observe dès la première saccade pour déterminer la spontanéité de cette orientation du regard.

Poursuivons notre investigation sur la prégnance du centre en posant une autre question secondaire mais non moins passionnante : pourquoi les peintres à travers les

âges ont-ils choisi de composer à partir du centre ? Rudolf Arnheim peut nous aider à le comprendre.

La théorie d'Arnheim sur « le pouvoir du centre »

Rudolf Arnheim rédige un livre entier pour expliquer la force d'attraction qu'exerce le centre d'une image sur notre perception : *The Power of the center, a study of composition in the visual arts* (1988).

Du point de vue de la composition, Arnheim s'appuie sur des exemples variés dans les arts visuels et notamment picturaux pour démontrer que toute composition obéit à deux systèmes : le système « centrique » qui rayonne tel un soleil autour d'un centre et le système « excentrique » dont les forces vectorielles attirent. Ces deux principes visuels universels correspondent selon Arnheim à deux tendances dans le comportement humain : une tendance autocentrée dominante dans les premiers temps de la vie et qui reste toujours puissante chez l'adulte, et un intérêt pour des centres extérieurs à soi. Les arts visuels exprimeraient selon lui l'interaction entre ces deux tendances. Ce schème compositionnel commun à tous les arts visuels est présenté par Arnheim comme universel et comme ne pouvant s'expliquer que par le système nerveux. Arnheim repère dans chaque œuvre analysée un centre primaire irradiant vers un ou plusieurs centres secondaires conçus comme des cibles. Il repère aussi que certains centres ne sont pas visibles, et donc qu'ils ne sont pas inscrits sur l'image rétinienne, mais qu'ils sont non moins puissants.

Du point de vue du sujet percevant, Arnheim s'attache à expliquer pourquoi le centre de l'image exerce une puissante attraction même lorsque celui-ci n'est pas occupé par des éléments visibles. Il explique sa puissance par la verticalité de l'œuvre à laquelle il attribue un grand rôle du fait de la bipédie et qui contrebalance selon lui les lignes horizontales de la forme du tableau. Il fait remarquer que nous percevons différemment une mosaïque posée au sol ou une œuvre suspendue au plafond, l'attraction pour le centre d'une image qui n'est pas face à nous ne fonctionne pas de manière si évidente. Il analyse des tableaux à la composition symétrique qui font du centre géométrique du

tableau le point avec lequel convergent les regards et d'où partent les regards, comme les tableaux du Christ en croix.

Il explique enfin le centre de l'image comme un centre d'énergie car il est dirigé vers le spectateur conçu lui aussi comme un centre d'énergie. Il postule alors que les différents centres du tableau attirent l'œil dans un ordre hiérarchique.

Nous retenons de la théorie d'Arnheim son attention au fait que lorsque nous regardons un tableau, nous sommes debout face à lui. Cette remarque peut sembler évidente, mais y porter une attention particulière est essentiel. Nous pouvons nous souvenir des théories sensorimotrices qui nous ont rendus sensibles au fait que le rapport à l'œuvre est un rapport physique, qui engage tout notre corps et qui peut influencer notre sens de la verticalité (Kapoula 2008). Même si Arnheim ne pose pas les choses en ces termes, il insiste sur une ligne verticale virtuelle dans tout tableau qui contrebalance les lignes horizontales du tableau et qui exercerait une attraction vers le centre. Nous ajoutons que les deux côtés verticaux du cadre accentuent encore cette verticalité du tableau, et contrebalancent les côtés horizontaux.

Nous formulons l'hypothèse que se trouver face à un tableau carré ou rectangulaire, à hauteur du regard, dont le format peut être tout entier embrassé par le regard, engage notre centre de gravité, notre posture et que ces facteurs conjoncturels jouent un rôle dans l'orientation de la première saccade.

Nous retenons donc de ce développement une hypothèse sur la bipédie et la verticalité des lignes dans le tableau et la forme du tableau qui pourraient jouer un rôle dans notre attirance pour le centre, et que la forme du tableau et le sens de la verticalité pourraient expliquer l'attraction vers le centre même en l'absence d'éléments représentés au centre de l'image.

Propositions d'explications par les neurosciences

Certaines études expérimentales de neurosciences sur le centre des images concluent que l'attirance pour le centre est une tendance qui fait partie du

comportement oculomoteur humain (Tatler, 2007 ; Bindemann, 2010). De quelles pistes disposons-nous pour l'étayer ?

Viser le centre en premier aurait-il à voir avec un traitement global de l'image ? Toute une littérature sur la perception du stimulus esthétique a développé l'idée d'un *gist* qui apporte très rapidement des informations globales sur les tableaux. Cette littérature s'appuie sur les travaux de Cupchick et Berlyne qui ont montré que des personnes sans connaissance en art étaient capables de discriminer dès le premier regard, avec un temps d'exposition sur l'écran inférieur à 50 ms, si le tableau était simple ou complexe, ordonné ou désordonné (1979). Dans cette veine, Nodine (1982, 1983, 1987) et Locher (1996, 1996) ont développé un modèle avec une phase initiale préattentive très rapide de 100 ms, durant laquelle ils observent que les sujets visent le centre de l'image, et qui serait suffisante pour encoder, dans une vision holistique de la structure de l'image, l'équilibre pictural et la symétrie, mais aussi la « signification sémantique de la composition ». Ils montrent que c'est cette phase préattentive, qui a permis d'acquérir une impression générale (*gist*) sur la composition, qui va guider l'exploration attentive active et détaillée des éléments qui constituent le tableau par des fixations de plus longues durées.

Les travaux sur le *gist* dans la perception visuelle en général sont nombreux. Ils montrent que nous sommes capables de reconnaître le *gist* d'une image présentée sur écran dans un temps très court d'environ 200 ms, sans doute avant la première saccade (Thorpe, 1996). Les auteurs émettent des hypothèses sur les bases perceptives et neurales pour expliquer la reconnaissance d'un *gist*. Si la perception d'une scène est généralement comprise comme une interaction des composantes *bottom-up* et des composantes *top-down*, pour le *gist* certains modèles (Thorpe 1998) proposent un traitement purement *bottom-up* de ce processus ultra rapide. D'autres au contraire mettent en avant que l'extraction du *gist* ne peut se réaliser qu'avec l'aide de connexions *feedback* précoces de V1 au thalamus, s'appuyant sur le fait que celles-ci sont dix fois supérieures aux connexions du thalamus à V1, ce qui resterait compatible avec un traitement du local au global (Rasche et Koch, 2002). D'autres soutiennent que le *gist* requiert l'attention (Mack et Clarke, 2012). Pour expliquer l'extraction rapide du *gist*, entendu comme le sens général de la scène, une analogie courante entre le phénomène observé du global au local et le traitement de

l'information d'une échelle grossière vers une échelle fine, dit *coarse-to-fine*, s'est développée (Morrison et Schyns, 2001, Oliva 2005). Cette analogie soutient que le *gist* serait extrait grâce au traitement rapide des basses fréquences spatiales *via* des réponses magnocellulaires. Ce serait ce traitement rapide de basses fréquences spatiales qui nous permettrait de catégoriser, de façon « ultra-rapide », un animal ou un humain dans une scène naturelle en moins de 130 millisecondes (Fabre-Thorpe, 2011 ; Crouzet et *al.*, 2010 ; Macé et *al.*, 2009 ; Kirchner et Thorpe, 2006 ; Thorpe, 1996). Cependant, des prédictions pourraient reposer sur ce traitement rapide de basse fréquence (Bar, 2003 ; Kveraga, 2007). Et des processus de haut niveau comme l'attention et la tâche de catégorisation pourraient interagir avec le traitement rapide des basses fréquences (Schyns 1998 ; Schyns et Oliva, 1999 ; Morrison et Schyns, 2001 ; De Gardelle et Kouider, 2010). Même si ces études n'évoquent pas directement le centre ni les saccades oculaires et qu'elles ne portent pas sur des tableaux de peinture, l'explication de la catégorisation rapide par la perception rapide des basses fréquences de l'image et le processus du *coarse-to-fine* nous invite à interroger le rôle des basses fréquences dans la visée du centre de l'image qui contient généralement les formes les plus volumineuses.

Cependant, la préférence du global ou du local est l'objet d'un débat, déclenché par l'article de Navon en 1977 « *The forest before trees : the precedence of global features in visual perception* » devenu un débat sur la concomitance des deux processus du global au local et du local au global. Ce débat s'exprime aussi sous la forme d'un débat sur le premier et l'arrière-plan. L'une des manières de comprendre le *gist* est en effet « l'ensemble des objets clés de la scène de premier plan ». Le débat invite à se demander si le système visuel traite en premier les objets du premier plan ou l'arrière-plan. Certains auteurs (Rasche et Koch, 2002) s'opposent à l'idée sous tendue par ces débats : que l'image serait analysée dans une seule direction pour insister sur la dimension individuelle et dynamique de la perception qui peut traiter de manière concomitante plusieurs échelles, une échelle grossière et une échelle fine, une échelle de premier plan et une échelle d'arrière-plan.

Que les éléments situés au centre qui constituent généralement le premier plan d'un tableau et qui sont généralement constitués de formes suffisamment volumineuses pour être extraites selon un processus magnocellulaire basse fréquence soient perçus en premier ou de manière parallèle importe peu pour la formulation de

notre hypothèse. Nous pouvons retenir de ces études que les éléments situés au centre d'un tableau peuvent être extraits de manière ultra rapide en moins de 130 ms pour la catégorisation et en moins de 100 ms pour l'extraction d'un *gist* sur la composition globale de l'image, avant même que la première saccade ne soit initiée si le tableau est dans le champ visuel, ou lors de la première saccade qui se dirige vers le tableau, la latence d'une saccade étant estimée à 200 ms et sa durée de 50 ms. Nous voyons que dans ces études le terme de *gist* recoupe plusieurs sens pouvant aller de l'extraction de la composition de l'image à des éléments sémantiques qu'implique la catégorisation des objets même s'ils ne sont pas identifiés. L'hypothèse que nous formulons est donc la suivante : l'œil vise le centre d'un tableau dès la première saccade car le cerveau en a déjà extrait des informations relatives à la composition, aux formes des éléments représentés et même à leur catégorisation sans que l'on envisage pour autant une identification ou une reconnaissance d'objets.

Conclusion sur les hypothèses formulées.

Nous venons d'exposer plusieurs hypothèses pour expliquer l'attirance générale pour le centre des images relevée dans les études expérimentales sur écran et dans les livres d'art : on peut l'envisager comme une routine visuelle acquise par l'habitude de voir les éléments les plus riches sémantiquement concentrés au centre de l'image ; nous pouvons envisager des raisons conjoncturelles, liées à la verticalité et à la forme des œuvres et à notre bipédie ; nous pouvons aussi envisager que cette prégnance du centre est inhérente au comportement oculomoteur et aux processus perceptifs dont il émane, qui traite les formes globales du premier plan en premier ou de manière parallèle.

Afin de mettre à l'épreuve de l'expérimentation les hypothèses que nous venons de formuler sur le rôle des routines visuelles générées par l'habitude de voir des tableaux de peinture, le rôle de la forme et la verticalité de l'œuvre, le rôle de la présence au centre d'éléments visuels globaux extraits précocement, il nous a semblé pertinent d'observer le comportement de la première saccade chez des groupes de sujets de différents niveaux de fréquentation des musées en incluant des groupes d'enfants, et

qui comprendraient de jeunes enfants de petite taille pour lesquels l'œuvre ne ferait pas face, et de regarder si la présence d'éléments visuels au centre du tableau influencerait la première saccade. La première étude (chapitre 2) portera sur des sujets adultes, la deuxième sur des enfants (chapitre 3).

Si le biais central a été largement observé dans les études sur écran, à l'exception de l'étude oculométrique réalisée dans un musée par Zoï Kapoula sur le tableau de Bacon *Study of a dog*, qui montre effectivement une concentration des fixations sur le chien au centre de l'image, nous n'avons pas connaissance d'autres travaux sur la perception du centre dans les images perçues dans un contexte écologique. Le comportement oculomoteur sur une image regardée dans un musée sera-t-il différent de son exploration sur un écran ? Que regardera-t-on en premier dans un tableau de peinture ? *Quid* de la première saccade sur un tableau dans un musée, enregistrée par un eye tracker mobile ? La première saccade visera-t-elle le centre du tableau ou sera-t-elle attirée par des éléments saillants de forme, de couleur, d'intensité ou d'orientation mis en valeur par la composition du tableau ? Le but de cette première étude est d'examiner la question de l'attraction centrale dans un contexte muséal.

2.2. Expérience 1. L'attraction pour le centre se vérifie-t-elle dans une expérience *in situ* et dès la première saccade ?

2.2.1. Introduction

L'attraction pour le centre d'un tableau projeté sur un écran dès le début de l'exploration visuelle est un biais connu dans les études d'eye tracking en laboratoire depuis les premiers enregistrements de Buswell (1935) et de Yarbus (1967). L'un des enregistrements de Buswell a montré une focalisation de la première fixation pour les 35 sujets de son expérience dans une région relativement circonscrite dans l'aquarelle de W. Homer qui correspondait à deux rectangles centraux dans un quadrillage au

quart²⁰. Buswell et Yarbus ont montré que les fixations se concentraient dès le début de l'exploration visuelle sur des aires riches en signification qui correspondent au centre du tableau. Par ailleurs, certaines études ont observé que des experts en arts avaient une exploration différente avec des saccades de plus grande amplitude et qu'ils fixaient tous les points principaux de la composition spatiale (Nodine, 1993 ; Zangemeister, 1995) et une meilleure compréhension de la composition d'un tableau moderne (Kapoula 2006). D'autres études ont au contraire mis en évidence que des personnes sans connaissances en histoire de l'art pouvaient extraire le *gist*, entendu comme l'impression générale sur la configuration spatiale, sur un tableau à forte composante géométrique, de manière très rapide en moins de 100ms (Nodine 1987, Locher 1996), ou sur un tableau dont les aires d'intérêt étaient des aires liées à la composition particulière d'un tableau à la perspective forte (Kapoula 2009).

Cette attirance pour le centre au début de l'exploration visuelle repérée dès les premières études d'eye tracking sur écran nous invite à supposer que la première saccade est un puissant indicateur sur le comportement oculomoteur. Nous avons donc voulu tester si une attraction pour le centre s'observerait également en contexte muséal dans une expérience de visite spontanée en nous concentrant sur la première saccade, et observer si l'attraction pour le centre serait modulée par l'expertise ou l'habitude à voir un certain type de tableaux.

Regarder la reproduction d'un tableau sur un écran dans un laboratoire et regarder un tableau dans un musée sont deux expériences très différentes du point de vue du plaisir esthétique. Les professionnels des musées ont toujours insisté sur le fort impact de la présence physique de l'œuvre (Smith, 1993). Plusieurs études ont montré que le temps passé spontanément devant une œuvre réelle dans un musée était bien plus long que le temps passé devant une reproduction sur un écran : le temps passé sur une œuvre dans un musée est évalué en moyenne à 27,3 secondes contre 3 secondes sur un écran (Smith et Smith, 2001, 2017 ; Carbon, 2017). D'autres études qui ont comparé une visite de la même exposition sur un écran et dans un musée ont observé que les visiteurs du musée avaient été plus intéressés par l'exposition, plus enthousiastes et avaient davantage apprécié les œuvres, ceux-ci étaient aussi plus aptes à parler des œuvres *a posteriori*, montrant ainsi une meilleure mémorisation des

²⁰ *How people look at pictures*, p.32.

œuvres. (Brieber et *al.*, 2014, 2015). D'autres études ont également rapporté des différences dans la perception des propriétés esthétiques des œuvres en comparant les réactions des sujets sur des peintures originales et des reproductions sur écran (Locher et *al.* 1999, 2001).

Ce sont également deux expériences visuelles et oculomotrices très différentes. Premièrement, ce sont la distance et la taille du stimulus qui déterminent cette expérience. Dans une expérience de laboratoire, l'œil est situé de 35 à 60 cm de l'écran qui mesure entre 40 à 50 cm, le format des tableaux est variable, de la miniature au grand ou très grand format de plusieurs mètres. La distance à laquelle on le regarde est également variable, mais un visiteur se place spontanément entre 2 et 3 mètres pour les tableaux de format moyen. Deuxièmement, les conditions d'exploration visuelle sont aussi très différentes. Les expériences en laboratoire semblent peu écologiques : Un appui-menton est souvent utilisé pour maintenir la tête à une distance fixe, l'environnement que constitue le laboratoire invite peu à l'expérience esthétique. La visite d'un musée au contraire est vécue comme une parenthèse, un moment privilégié de méditation et de délectation. Le stimulus lui-même est altéré sur une reproduction et *a fortiori* lorsqu'il est projeté sur écran. Le tableau apparaît sur un écran d'ordinateur avec des couleurs et une luminosité altérées, le tableau apparaît pixellisé et la texture de la touche ou du vernis qui contribuent au plaisir esthétique et au pouvoir illusionniste du tableau ne peuvent être rendus. Enfin, les conditions de présentation du tableau semblent très différentes. En laboratoire, sur l'écran d'ordinateur, le tableau est présenté soudainement alors qu'il est cherché du regard dans un musée, un mouvement du corps et de la tête accompagne les yeux dans cette recherche. De plus comme nous l'avons vu, les expérimentateurs font précéder la projection de l'image d'un marqueur central ou périphérique afin de contraindre les sujets à fixer le même endroit.

Quelles sont donc les conséquences de ces paramètres sur le plan oculomoteur ? Premièrement, le contexte de l'expérience, en laboratoire ou dans un musée, détermine la nature de la saccade. Une saccade déclenchée de manière exogène par l'arrivée soudaine d'un stimulus sur écran est une saccade réflexe alors que la première saccade sur une œuvre dans un musée est une saccade volontaire c'est-à-dire déclenchée de manière endogène, orientée volontairement vers le tableau.

Deuxièmement, le contexte de l'expérience, en laboratoire ou dans un musée, influe sur l'amplitude, la durée, la latence et le début de la saccade. Viser une image, qui apparaît sous les yeux de manière soudaine après avoir fixé un point au centre de cette image avant qu'elle apparaisse, implique nécessairement une première saccade de très faible amplitude. Au contraire, la première saccade dans une expérience *in situ* est une saccade de grande amplitude, qui vise une cible éloignée. Sa durée en est augmentée, rappelons que la durée d'une saccade augmente de manière linéaire de 2,5 ms par degré de rotation. Le fait de viser une cible éloignée qui n'est pas nécessairement dans le champ visuel et qui doit s'accompagner d'un mouvement de la tête et du corps impacte aussi la latence de la saccade. Celle-ci est estimée à 200 ms en moyenne. Mais le temps qui sépare la présentation de la cible et le mouvement des yeux est nécessairement plus court dans une expérience sur écran qui présente de manière soudaine la cible sous les yeux du participant. Le début de la saccade également peut être plus lent que lors d'une projection soudaine sur écran. Par convention, on commence à mesurer la saccade lorsque le mouvement des yeux atteint une vitesse de 30 degrés par seconde, ce moment pourra être retardé dans une expérience *in situ*. Troisièmement, d'autres paramètres comme l'état de vigilance et l'obscurité qui sont des facteurs qui font varier l'amplitude de la vitesse de la saccade diffèrent aussi dans une expérience en contexte muséal : l'éclairage du tableau au sein des salles obscures fait l'objet d'une attention particulière en muséographie. Quatrièmement, une expérience *in situ* doit tenir compte de la vision périphérique qui a déjà livré des informations visuelles au cerveau, le *gist* de l'image a pu être extrait avant la première saccade et l'orienter.

Quelles sont les études d'eye tracking qui ont comparé les deux expériences oculomotrices dans un musée et en laboratoire et qu'ont-elles montré ? Une étude a attiré notre attention. Quian Quiroga et *al.* (2011) ont montré en comparant les enregistrements des mouvements des yeux de six participants sur le tableau *Ophélie* de Millais (76,2 x 111,8 cm) à la Tate Gallery avec les enregistrements des mouvements des yeux de huit autres participants sur le même tableau mais sur un écran dans un laboratoire, que les parcours des yeux sur les écrans avaient tendance à focaliser essentiellement sur le personnage d'Ophélie et notamment sur son visage, alors que sur le tableau original, le parcours oculaire montrait une exploration de l'ensemble du tableau.

Le but de notre étude n'est pas de comparer de manière systématique les saccades oculaires en condition muséale avec les saccades sur un écran d'ordinateur. Notre étude porte sur le premier regard sur un tableau en contexte muséal en comparant des groupes de sujets aux pratiques muséales différentes afin de tester si les connaissances en art et l'habitude de regarder des œuvres d'art dans un musée peuvent influencer l'orientation du regard dès la première saccade. Ce ne sera pas la première saccade en tant que telle que nous mesurerons pour les raisons avancées dans l'introduction sur la présentation du matériel : celle-ci en effet est difficilement mesurable dans une expérience *in situ*, puisqu'il est difficile de déterminer quand elle débute lorsque le corps et la tête bougent, dans quelle mesure le mouvement de l'œil accompagne le mouvement de la tête et du corps. Nous avons également développé dans la présentation du matériel que les lignes rouges visibles lors des visionnages des vidéos d'eye tracking avec le matériel utilisé d'une fréquence de 30Hz ne correspondent pas à une saccade souvent trop rapide. En revanche, ce qu'il est possible d'observer dans les enregistrements obtenus avec un eye tracker mobile, c'est la zone de la première fixation sur chaque tableau pour chaque sujet. La fixation, cette pause entre deux saccades qui dure entre 200 et 300 ms est suffisamment longue pour être observée d'autant plus qu'elle est suivie par de « microsaccades » encore appelées « saccades de fixation » représentées par le logiciel utilisé par de petits points rouges. La saccade oculaire permet à l'œil de positionner l'image d'un objet sur la fovéa qui rassemble la majorité des cônes et qui est la région de l'œil où la vision des détails est la plus précise. Observer la première fixation est donc une méthode indirecte mais rigoureuse pour étudier la première saccade en étudiant sa cible. Une expérience *in situ* doit également tenir compte du fait que la vision périphérique ayant permis une impression générale, et que cette première saccade même si elle n'est pas guidée consciemment vers une zone précise, manifeste néanmoins la volonté du sujet de viser le tableau. Il faut noter également qu'elle peut déjà être guidée par des informations visuelles, peut-être un feedback et même par des processus de haut niveau que sont l'attention, le but qui est de viser le tableau et même les habitudes oculomotrices du participant selon sa culture, son habitude à regarder tel type de tableaux.

Nous avons donc voulu étudier de manière systématique si la première saccade visait une zone particulière dans un tableau de peinture dans un contexte écologique

et sans aucune consigne, si cette zone était le centre comme dans les études sur écran et si cette zone variait selon les groupes de sujets aux connaissances et aux pratiques muséales différentes.

2.2.2. Méthode.

2.2.2.1. Stimuli.

Sur les 45 tableaux de la première partie de l'exposition « Éblouissants reflets », nous en avons retenu 36 pour cette étude sur la première saccade. Nous avons écarté les tableaux visés par trop peu de participants ou visés de biais en première saccade à cause de l'étroitesse de la salle dans laquelle ils étaient exposés. Voici les 36 tableaux (tous des huiles sur toile) dans l'ordre des salles où ils étaient présentés, qui ne correspond pas nécessairement à l'ordre dans lequel ils ont été vus, puisque la visite était libre. Les participants ont suivi l'ordre des salles mais pas nécessairement l'ordre des tableaux à l'intérieur des salles.

<p>Salle 1</p> <p>A Nicolas Bernard Lépicié, <i>Narcisse</i>, 1771. 113 x 145 cm.</p>	<p>A</p> 	
<p>Salle 2</p> <p>A Jongkind, <i>Clair de lune à Overshie (environs de Rotterdam)</i>, 1855, 111 x 146 cm.</p> <p>B Jongkind, <i>Vue d'Overshie, l'église d'Overschie</i>, 1856, 43 x 57 cm.</p> <p>C Monet, <i>Un moulin près de Zaandam</i>, 1871, 42 x 73,5 cm.</p>	<p>A</p> 	<p>B</p>  <p>D</p> 

D Monet, *Moulin à Zaandam*, 1871, 48 x 73,5 cm.



E Monet, *Moulins dans le Westzijderveld, près de Zaandam*, 1871, 47 x 73,5 cm.

E

F

F Jongkind, *Le Port d'Anvers*, 1855, 82,5 x 107 cm.



G Monet, *Champ de tulipes en Hollande*, 1886, 54 x 81 cm.

G

H

H Monet *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam*, 1871, 48 x 73,5 cm.



I Monet, *Amsterdam*, 1874, 56 x 67 cm

J Monet, *Vue d'Amsterdam*, 1874, 62,5 x 105 cm.



I

J



Salle 3

A Jongkind, *L'Estacade*, 1853, 105 x 170 cm.

A

B

B Monet, *L'Entrée du port de Trouville*, 1870, 54 x 66 cm.



C Boudin, *Le Port de Camaret*, 1872, 55,5 x 89,5 cm.

D Lebourg, *Navire norvégien dans le port de Rouen*, 1888, 45 x 63 cm.

C



D



E Morisot, *Le Port de Nice*, 1882, 53 x 43 cm

F Morisot, *Le Port de Nice*, 1882, 38,1 x 46,3 cm.

E



F



G Monet, *Argenteuil*, 1875, 56 x 67 cm.

H Monet, *Le Pont d'Argenteuil, temps gris*, 1876, 61 x 80,3 cm.

G



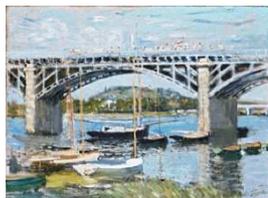
H



I Monet, *le Pont d'Argenteuil*, 1874, 89,8 x 81,4 cm.

J Monet, *Le Pont de chemin de fer à Argenteuil*, 1874, 14,5 x 23 cm.

I



J



K Sisley, *Le Pont de Sèvres*, 1877, 38,1 x 46 cm.

L Sisley, *Le Pont de Saint Mammès*, 1881, 54,6 x 73,2 cm.

K

L

M Sisley *Pont de Moret, effet d'orage*, 1887-1888, 51 x 63 cm.

N Sisley *Le Pont de Moret*, 1888, 64,7 x 91,9 cm.



O Monet *Le Pont de Charing Cross, brouillard*, 1902, 73 x 92 cm.

M



N



P Monet *Le Pont de Charing Cross, brouillard, la Tamise*, 1902, 73 x 92 cm.

O



P



Salle 4

A Caillebotte, *Voiliers à Argenteuil*, vers 1888, 65,5 x 55 cm.

A



B

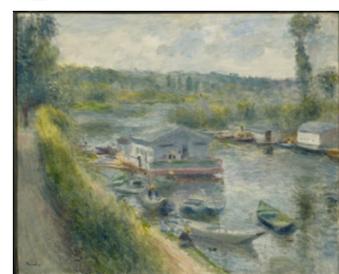


B Caillebotte, *Voilier sur la Seine, Argenteuil*, 1893, 65 x 38 cm.

C



D



C Forain, *Madame Forain pêchant à la ligne*, 1896, 95,5 x 101 cm.

D Renoir, *Le Bateau-lavoir à Bas Meudon*

E Monet, *Le Bassin d'Argenteuil*, 1874, 55,2 x 65,7 cm.

E

F

G

F Caillebotte, *Canotier ramenant sa périssoire*,

huile sur toile, 1878,
73 x 93 cm.

G Renoir *La Yole*, 1875, 71
x 92 cm.

H Monet, *En norvégienne,
la barque à Giverny*, vers
1887, 97,5 x 130,5 cm.

I Monet, *La Barque*, 1887,
146 x 133 cm.



H



I



Figure 2.1. Les 36 tableaux de l'expérience 1.

Ces 36 tableaux du XIXème siècle sont de composition et de style varié. L'exposition comportait des tableaux de composition et de style classique comme le *Narcisse* de Lepicié (salle 1, A) structuré par une diagonale, ou *L'Estacade* de Jongkind (salle 3, A) également structuré par une diagonale et un point de fuite central, ou encore des tableaux composés en plans, avec la mise en valeur de manière habituelle du sujet central au deuxième plan, comme par exemple *Vue d'Overshie*, *l'église d'Overschie* de Jongkind (salle 2, B). Cette exposition présentait aussi des compositions impressionnistes audacieuses, et variées. Ainsi, Monet a exploré une tout autre façon de mettre en espace en supprimant la ligne d'horizon comme dans *En norvégienne, la barque à Giverny* (salle 4, H) ou dans *La Barque* (salle 4, I), en supprimant totalement le point de fuite, tendant vers l'afocalisation et l'aplatissement dans ses recherches d'une perspective atmosphérique comme dans les deux tableaux exposés du Pont de Charing Cross par Monet (salle 3, O, P). La suppression de la ligne d'horizon a pu le conduire à explorer un angle de vue en plongée comme dans *La Barque* (salle 4, I), et c'était le cas également de Caillebotte dans *Canotier ramenant sa périssoire* (salle 4, F). Plusieurs tableaux de l'exposition présentaient de manière antiacadémique un élément faisant obstacle au point de fuite attendu, fermant ainsi la perspective, servant de « repoussoir » et permettant ainsi de concentrer le regard au premier plan, c'est la fonction du pont d'Argenteuil dans les deux tableaux éponymes, *Le Pont d'Argenteuil*, et dans le tableau *Le Pont d'Argenteuil, temps gris* (salle 3, I, H). Dans ces deux tableaux, le pont constitue à la fois un obstacle à au point

de fuite et un cadre à l'intérieur de la composition en arrêtant la perspective. C'est également le cas dans une moindre mesure dans *L'entrée du port de Trouville* (salle 3, B) de Monet, dans *Le Bateau Lavoir au Bas Meudon* de Renoir (salle 4, D) dans lequel la ligne oblique joue ce rôle de fermeture. Dans d'autres tableaux, la mise en espace a été travaillée différemment. Certains ont cherché à reproduire les conditions de la perception avec une ligne d'horizon basse comme Lebourg dans *Navire norvégien dans le port de Rouen* (salle 3, D), Boudin dans *Le Port de Camaret* (salle 3, C) ou Sisley dans *Le Pont de Sèvres*, (salle 3, K) ou *Le Pont de Mammès* (salle 3, L). D'autres tableaux au contraire avaient une ligne d'horizon haute pour donner l'illusion de voir d'en haut, comme dans *La Yole* (salle 4, F). Une autre manière de tromper les attentes visuelles explorées par les peintres impressionnistes est de construire le tableau à partir d'un point de fuite décalé, comme c'était le cas pour *Le Pont de chemin de fer, Argenteuil* de Monet (salle 3, J) ou *Le Pont de Saint-Mammès* de Sisley (salle 3, L).

Les impressionnistes sont surtout ceux qui ont expérimenté la construction d'une perspective par la couleur, par le contraste de couleurs très claires avec des couleurs sombres comme dans *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam* (salle 2, H), ou *Canotier ramenant sa périssoire* (salle 4, F), ou le contraste de couleurs complémentaires comme par exemple dans *Argenteuil* (salle 3, G) et *La Yole* de Renoir (salle 4, F).

D'autres tableaux impressionnistes encore s'apparentaient dans leur composition et leur style audacieux à des tableaux modernes comme les deux tableaux de Berthe Morisot intitulés *Le Port de Nice* (salle 3, E, F).

Cette exposition intitulée « *Éblouissants reflets* » avait pour but de rassembler des tableaux ayant exploré comment représenter et disposer des reflets afin de construire l'espace en jouant sur la touche, des contrastes de couleur et de valeur, de luminosité, *La Yole* de Renoir était le tableau qui avait été choisi pour l'affiche de l'exposition qui invitait à l'éblouissement. Les salles d'exposition étaient sombres, seuls les tableaux étaient éclairés.

Cette grande variété dans la composition des tableaux exposés permettait de ne pas créer d'effet d'habitude dans l'exploration des tableaux, et au contraire de créer

la surprise à chaque tableau et cela même pour des visiteurs habitués des expositions impressionnistes. Cette variété dans la composition présentait donc un intérêt important pour notre expérience sur la première saccade, les études sur le *gist* ayant montré qu'une tâche ou une habitude pouvaient influencer l'extraction rapide d'un *gist* par un traitement des basses fréquences qui entrent en jeu dans la vision périphérique et lors de la première saccade (Oliva et Schyns, 1997). Nous pouvons supposer qu'une composition répétitive aurait pu créer une habitude, et un effet d'attente qui aurait pu influencer l'orientation de la première saccade. La variété de la composition nous permettait d'éviter ce biais. Autre avantage de la variété, elle permettait de maintenir l'attention et l'intérêt malgré la longueur des enregistrements.

2.2.2.2. Participants.

Le recrutement des participants a été exposé dans la méthodologie générale, en 1.3.2.

Sur les 48 participants adultes, nous en avons retenu 30, répartis en trois groupes : novices, amateurs, experts. Les critères retenus sont les suivants : nous avons retenu les enregistrements avec le meilleur score de calibration (plus de 80% des fixations), les sujets qui disaient avoir apprécié l'exposition, qui avaient regardé suffisamment d'œuvres et qui étaient les plus représentatifs des groupes que nous avons définis. Un questionnaire (ANNEXE 1) complété après la visite de l'exposition visant à évaluer leur pratique muséale, leurs connaissances sur l'impressionnisme ainsi que leur implication personnelle et émotionnelle dans la visite de l'exposition, a permis de classer les sujets dans les 3 groupes qui correspondent à des niveaux de fréquentation des musées et de connaissances en art pictural.

Le groupe des novices (10 sujets de 19 à 65 ans, 7 hommes, moyenne d'âge = 28,8) rassemble des participants qui étaient allés moins de 3 fois dans leur vie dans un musée de peinture, aucun n'avait visité les grandes expositions ni les grands musées impressionnistes. Pour 5 d'entre eux (les « purs novices »), c'était leur première visite au sein d'un musée de peinture. La deuxième partie du questionnaire a permis de confirmer qu'ils n'avaient pas de connaissance sur l'histoire de la

composition picturale, qu'ils ne savaient pas situer l'impressionnisme dans l'histoire de la peinture ni s'exprimer sur la spécificité du style impressionniste.

Le groupe des amateurs (10 sujets de 20 à 60 ans, 5 hommes, moyenne d'âge = 38,8) rassemble des participants qui avaient l'habitude de fréquenter régulièrement les musées et qui avaient visité au moins 5 expositions durant les 6 derniers mois, ils avaient visité au moins 10 grandes expositions impressionnistes (Orsay, Marmottan, les expositions du musée des Beaux-Arts de Rouen, du MuMa du Havre, de Dieppe, de Honfleur, de Caen, de Giverny, les grandes expositions du Grand Palais). Le groupe des amateurs est un groupe de personnes qui aiment les tableaux de peinture, mais qui sont des autodidactes de l'art, c'est-à-dire qu'ils n'avaient jamais suivi de formation sur l'art, qu'ils n'avaient aucune pratique artistique, et qu'ils n'étaient pas habitués à théoriser l'art. Nous avons écarté de notre groupe d'amateurs les participants qui s'exprimaient en termes techniques, qui montraient des connaissances avancées en termes de composition picturale, et qui évoquaient en premier la composition.

Au contraire, le groupe des experts (10 sujets de 23 à 75 ans, 5 hommes, moyenne d'âge = 47,4) est composé de peintres, d'enseignants en histoire de l'art, et de conférenciers, ce sont des personnes qui côtoient quotidiennement les tableaux de peinture, et qui sont habituées à analyser la composition des œuvres.

2.2.2.3. Procédure et analyse des données.

Le matériel et la procédure ont été détaillés dans notre première partie (1.3.3.). Après l'étalonnage de l'eye tracker, nous accompagnions le participant dans la première salle de l'exposition qui était une salle de présentation du thème de l'exposition mais sans tableau exposé. Nous laissons le participant à sa lecture avec pour seule consigne de regarder l'exposition comme il le ferait sans lunettes, en prenant le temps qu'il souhaitait, et nous lui précisons que nous le retrouverions à la fin de la première partie de l'exposition, sous la verrière. Le temps passé dans la première salle permettait de contrer le biais du « bon élève », l'analyse des enregistrements commence vers la troisième minute. Par ailleurs, un seul tableau de la deuxième salle (que nous appellerons première salle) a été conservé pour cette expérience.

Lorsque nous retrouvions le participant à la fin de sa visite qui durait en moyenne 45 minutes, nous lui demandions de regarder les statues et un tableau grand format et nous remplissions le questionnaire qui permettait d'évaluer sa pratique muséale et ses connaissances sur l'impressionnisme afin de le classer dans l'un des trois groupes.

Pour collecter les données, nous avons procédé à un codage manuel, nous avons visionné les enregistrements à vitesse très ralentie en reportant pour chaque participant sa première fixation sur chaque tableau. La distance du participant par rapport au tableau visé pouvait être de 2 à 6 mètres, mais généralement de 2 à 4 mètres.

Nous avons divisé chaque tableau en une matrice de 25 cellules, la cellule 13 correspondant au centre physique de la peinture. Le choix de la matrice de 25 cellules permettait de circonscrire la zone centrale dans un rectangle suffisamment étroit pour observer si c'était le centre physique qui attirait le regard et non le hasard. A noter que la surreprésentation d'une cellule dans un quadrillage de 25 cellules est seulement de 4%. Nous avons ensuite reporté pour chaque tableau le nombre de personnes par groupe de sujets qui a regardé chaque cellule afin d'évaluer le nombre d'observateurs qui ont fixé le rectangle central.

Les 36 tableaux ont été quadrillés avec une croix centrale sur MATLAB, et le logiciel STATISTICA a été utilisé pour les tests non paramétriques.

2.2.3. Résultats.

2.2.3.1. Résultats sur l'ensemble des tableaux.

Sur les 36 tableaux, 38,88% ont été visés dans le rectangle central de la matrice de 25 cellules lors de la première saccade par l'ensemble des sujets. La médiane pour les sujets novices est de 2 sur 10 tableaux, de 5 pour les sujets amateurs et de 4 pour les sujets experts. Les distributions n'étant pas normales, nous avons effectué un test non paramétrique de Friedman pour tester l'effet de groupe. Sur l'ensemble des tableaux, le test montre une valeur de 20,50 qui est significatif à 0,001. Cela montre

que sur l'ensemble des sujets, le groupe est un facteur important qui influence le comportement oculomoteur. Le test de Wilcoxon a révélé un fort effet de groupe entre novices et amateurs (z-value : 4,324015, p-value : 0,000015), entre novices et experts (z-value : 4,324015, p-value : 0,000903), et dans une moindre mesure entre experts et amateurs (z-value : 4,324015, p-value : 0,020817).

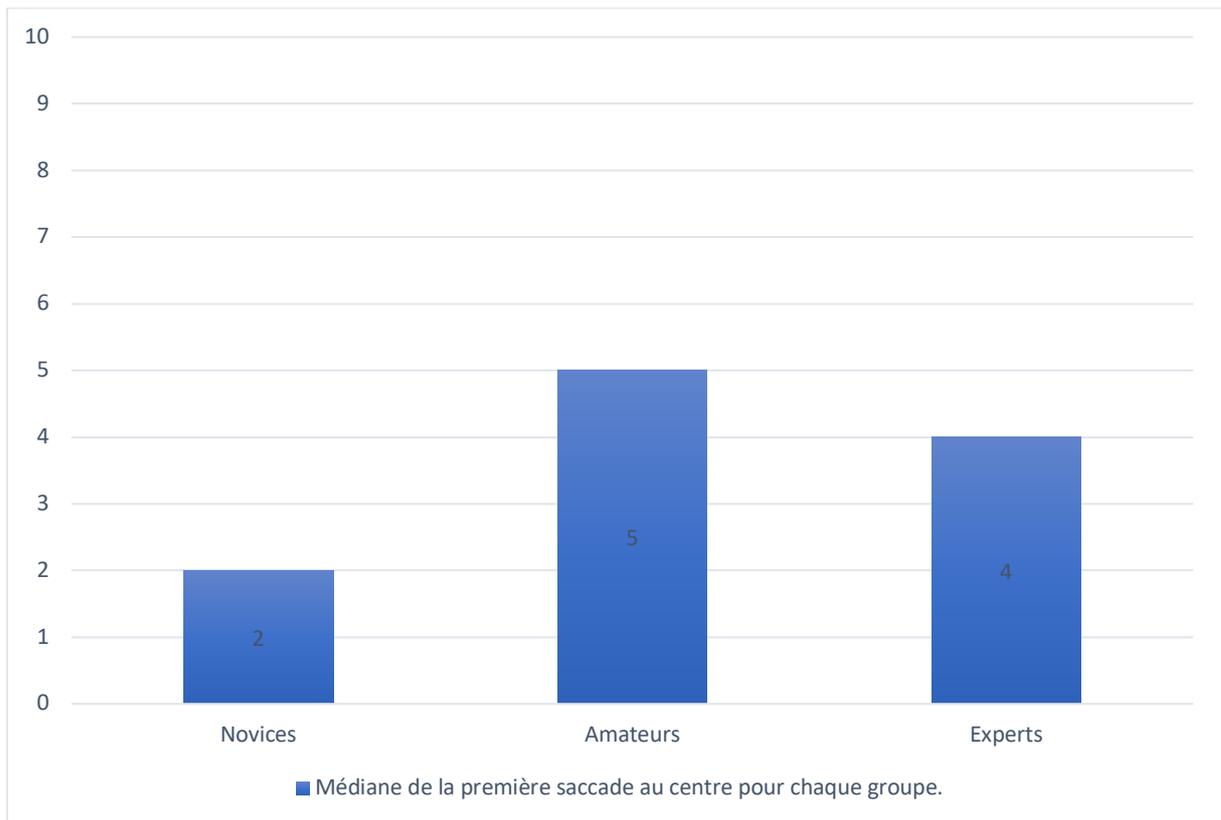


Figure 2.2. Représentation du taux de premières saccades orientées vers le centre pour les trois groupes considérés, les novices, les amateurs et les experts.

Nous observons donc une attirance pour le centre des tableaux chez tous les groupes, mais plus marquée chez les amateurs. Une médiane de 2, qui correspond à une moyenne de 2,55 sur 10 pour les novices représente un taux important pour une zone aussi circonscrite. Ces résultats montrent donc que l'attirance pour le centre d'un tableau au début de l'exploration existe aussi en contexte écologique, et cela dès la première saccade. Le taux obtenu chez les experts et les amateurs est significativement plus important que chez les novices. Ce sont les amateurs qui visent le centre de manière plus systématique.

Cette visée vers le centre du tableau significativement plus développée chez les experts et les amateurs va dans le sens de notre hypothèse d'une stratégie acquise, d'une routine visuelle qu'aurait développé les personnes habituées à fréquenter les musées. Comment expliquer que les experts visent moins le centre que les amateurs ? Les experts seraient-ils moins systématiques ? Peut-on postuler plus de liberté dans leur première visée sur un tableau ? L'emplacement du sujet principal influence-t-il la première saccade chez les experts ? Afin d'étudier cette différence importante entre le groupe de novices et les groupes d'experts et d'amateurs, et entre le groupe d'experts et le groupe d'amateurs, nous avons créé des catégories de tableaux.

2.2.3.2. Résultats par catégories de tableaux.

Nous avons écarté l'hypothèse du rôle du format puisque certains tableaux étaient fréquemment visés au centre malgré leur grand format comme le *Narcisse* de Lépicié, (113 x 145 cm, salle 1, A) ou *L'Estacade* de Jongkind (111 x 146 cm, salle 2, A) et que certains tableaux petit format comme *Le pont de chemin de fer, Argenteuil* (14,5 x 23 cm, salle 3, J) et *Voilier sur la Seine, Argenteuil*, (65 x 38 cm, salle 4, B) étaient visés plus latéralement. Nous avons également écarté l'hypothèse du rôle de la saillance pour attirer le regard lors de la première fixation en comparant des cartes de saillance générées par le logiciel *la saliency toolbox* avec la répartition de la première fixation, nous n'avons pas constaté de corrélation entre les cartes de saillance sur les tableaux et la répartition des premières fixations de nos sujets. Nous avons donc choisi de tester si la composition des tableaux pouvait moduler la première fixation, et déterminer la différence entre les groupes. Nous avons donc divisé les tableaux en quatre catégories de composition différente. Étant donnée la grande variété dans la composition proposée dans cette exposition, nous avons choisi comme critère l'emplacement du sujet principal et sa mise en valeur par la composition.

Le sens que nous donnons au terme « sujet », lorsque nous cherchons à savoir si « le sujet principal d'un tableau » module l'orientation de la première saccade, est le sens le plus élémentaire, le plus naturel, puisqu'il s'agit pour nous d'étudier ce que

visé la première saccade, qui est non consciente. Nous tenons néanmoins au terme de « sujet », et nous emploierons aussi le terme de « motif », plutôt que celui de « forme » qui limiterait la première saccade à une simple appréhension perceptive d'une configuration de lignes et de couleurs. Les études sur la reconnaissance ultra-rapide et sur le *gist* ont montré que les humains étaient capables de reconnaître le sens global d'une image naturelle présentée en un temps très court, sans doute avant la première saccade (Thorpe, 1996, Rasche et Koch, 2002), et que ce sens global pouvait inclure la discrimination d'un humain d'un non humain, d'un animal et d'un non vivant (Thorpe 1996, Crouzet, 2010). Celles-ci nous incitent à penser que dès la première saccade des informations d'ordre sémantique peuvent être extraites et justifient l'emploi du terme « sujet » dans son sens le plus élémentaire. Nous préférons également les termes de « sujet » et de « motif » au terme de « *gist* » car nous souhaitons utiliser la terminologie devenue habituelle en histoire de l'art et en philosophie de l'art depuis les définitions précises de Panofsky qui font référence dans ce domaine, plutôt que le terme de *gist* dont le sens, comme nous l'avons vu, peut varier d'une étude à l'autre en neurosciences, renvoyant tantôt à une signification, et tantôt à la configuration des formes ; ce terme qui nous semble trop général ne permet pas de distinguer clairement la forme de la signification et de ce fait ne nous semble pas adéquat pour s'appliquer à une œuvre d'art.

Les définitions que nous retenons de « sujet » et de « motif » sont celles données par Panofsky dans l'introduction de ses *Essais d'iconologie* (1939), lorsqu'il distingue plusieurs niveaux de signification dans un tableau. Panofsky commence par opposer la forme et le sujet : la forme ne désigne que la configuration de lignes et de couleurs. Il nomme « sujet primaire ou naturel » l'identification de « pures formes » (entendues comme les configurations de lignes et de couleurs) en représentations d'objets naturels. C'est ce premier sens que nous retenons pour la première saccade. Panofsky appelle « l'univers des motifs » « l'univers des pures formes que l'on reconnaît chargées de significations primaires ou naturelles ». Ces définitions de Panofsky correspondent à ce que l'on peut postuler comme étant visé par une première saccade : le cerveau identifie un sujet, qui appartient à l'univers des motifs artistiques. Le terme de « motif » nous semble aussi intéressant puisque c'est celui qui est utilisé dans les livres d'art sur l'impressionnisme pour désigner les sujets de représentations qui peuvent être l'objet de séries, comme les meules, les peupliers, la

cathédrale, chez Monet ; l'église, le canal, le pont de Moret, chez Sisley par exemple. Les tableaux impressionnistes nous semblent particulièrement intéressants pour étudier la première saccade car en abandonnant les sujets mythologiques et historiques, les impressionnistes font le choix de s'en tenir à un niveau de signification élémentaire, en deçà des symboles, des images et des histoires. Les motifs impressionnistes sont des motifs naturels qui ne sont pas porteurs d'une signification secondaire, tout du moins en général. C'est leur simplicité qui les rend accessible à tout public. L'univers des motifs des tableaux impressionnistes de l'exposition était restreint et représentatif des motifs impressionnistes habituels : une meule, un moulin, un pont, un bateau, une église, une maison. Ils étaient exposés comme par série de motifs : les meules et les moulins apparaissaient dans la salle 2 consacrée à l'inspiration hollandaise, une salle entière était consacrée aux ponts, une autre aux loisirs aquatiques. Cette répétition du même motif d'un tableau à l'autre pouvait créer une facilité lors de la première saccade à repérer le motif principal. C'est pour cette raison aussi que le motif visé nous semble davantage qu'une simple forme mais bien un sujet identifiable sans pour autant postuler la saisie d'un concept. Nous formulons l'hypothèse que la première saccade se situe à un niveau intermédiaire entre l'appréhension de formes pures et la catégorisation conceptuelle, elle vise un motif artistique en sachant qu'il vise un motif artistique mais sans encore l'identifier.

A partir des 36 tableaux quadrillés, nous avons établi 4 catégories en fonction de l'emplacement du sujet principal mis en valeur par la composition picturale : catégorie 1 : sujet principal centré (7 tableaux), catégorie 2 (8 tableaux) : sujet principal excentré, catégorie 3 : sujet principal décalé par rapport au centre (6 tableaux), catégorie 4 : sujet principal traversant (15 tableaux).

Tableaux de la catégorie 1, au sujet principal centré.

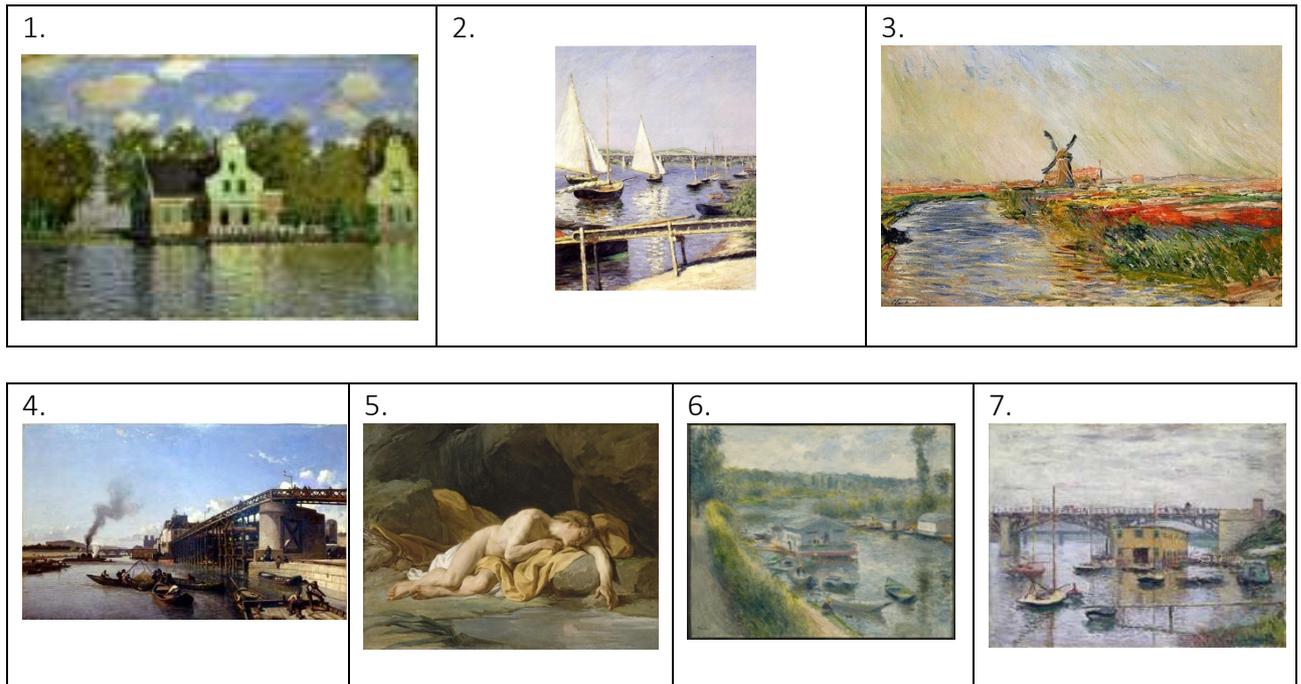


Figure 2.3. Sept tableaux au sujet principal centré. 1. Monet, *Maisons au bord de la Zaan*, 2. Monet, *Voiliers à Argenteuil*, 3. Monet, *Champ de tulipes en Hollande*, 4. Jongkind, *L'Estacade*, 5. Lépiciey, *Narcisse*, 6. Renoir, *Le Bateau-lavoir au Bas-Meudon*, 7. Monet, *Le Pont d'Argenteuil, temps gris*.

La première catégorie de tableaux regroupe des tableaux dont la composition a mis en valeur le sujet principal par des techniques variées. Les tableaux pouvaient emprunter à une composition classique avec un point de fuite central et une ligne de fuite soulignée par une diagonale dans *L'Estacade*, ou à une composition pyramidale pour *Narcisse*. La mise en valeur du motif principal pouvait être le résultat des techniques issues des recherches des impressionnistes, par un contraste de luminosité, de couleur et de netteté, ainsi on observe un contraste entre une façade claire et lumineuse et un feuillage sombre en arrière-plan dans *Maison au bord de la Zaan*, à *Zaandam*, et on observe un contraste de couleur et de netteté dans *Le Pont*

d'Argenteuil, temps gris ; par un contraste dans la touche entre un élément vertical au milieu de traits de pinceaux horizontaux et obliques dans *Champ de tulipes en Hollande* ; par un rétrécissement de l'espace par une diagonale dans le *Bateau-lavoir au Bas-Meudon* ; ou encore la mise en valeur d'une forme entière circonscrite au centre dans *Voiliers à Argenteuil*.

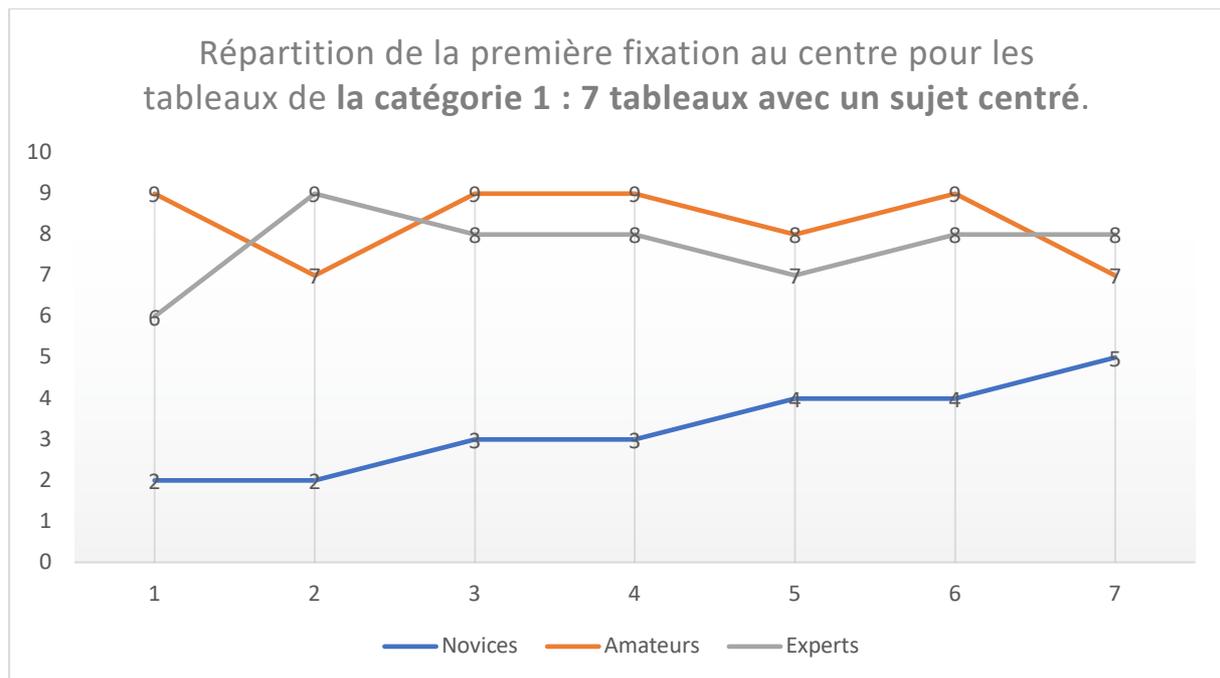
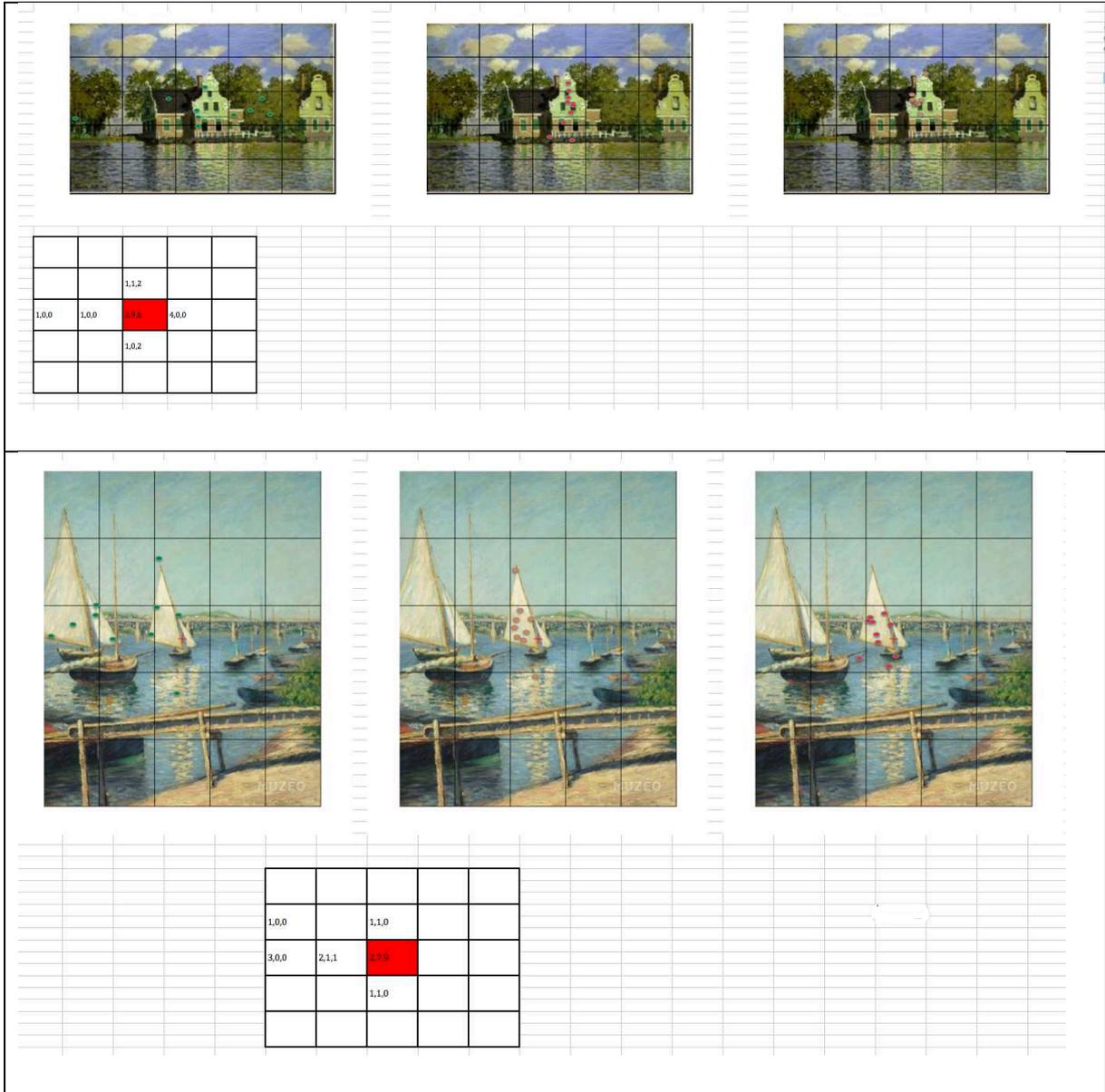
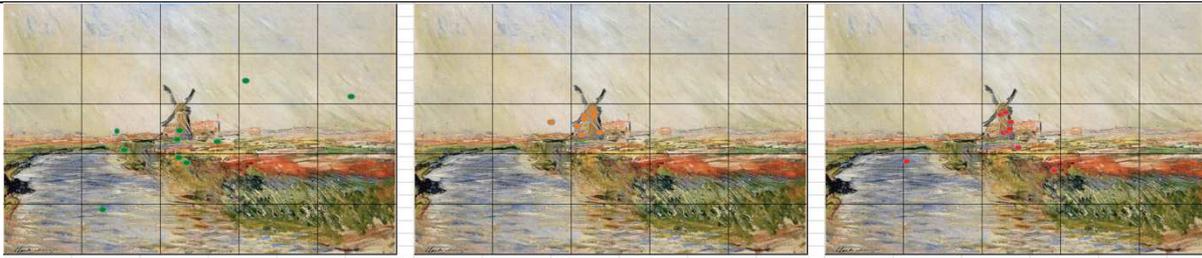


Figure 2.4. La répartition de la première fixation au centre par groupes pour la première catégorie de tableau, les tableaux au sujet principal centré.

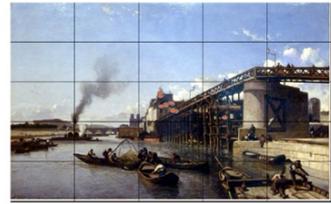
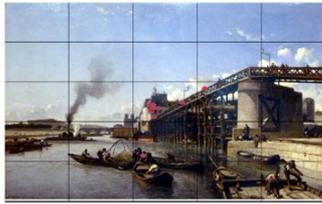
Pour cette première catégorie de tableaux, le test de Wilcoxon montre un facteur groupe important entre les novices et les amateurs (Z-value 2,366432, p-value 0,017961) et entre les novices et les experts (Z-value, 2,366432, p-value 0,017961), mais pas entre les amateurs et les experts (Z-value 0,845154, p-value 0,398025). Lorsque le sujet principal se trouve au centre de la composition dans un tableau, les novices visent le centre mais significativement moins que les amateurs ou les experts qui le visent quasiment systématiquement.

Ci-dessous, la répartition de la première saccade sur les tableaux quadrillés de la première catégorie. De gauche à droite : la première saccade des 10 novices en vert, la première saccade des 10 amateurs en orange, et la première saccade des experts en rouge.



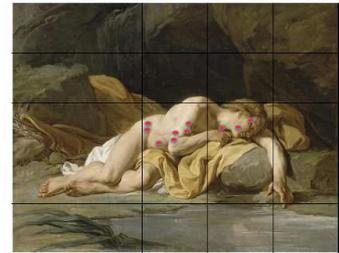
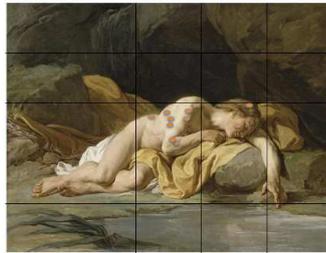
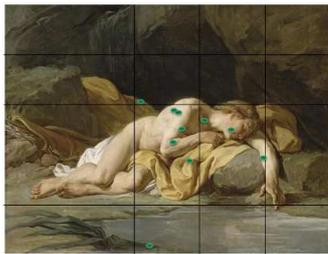


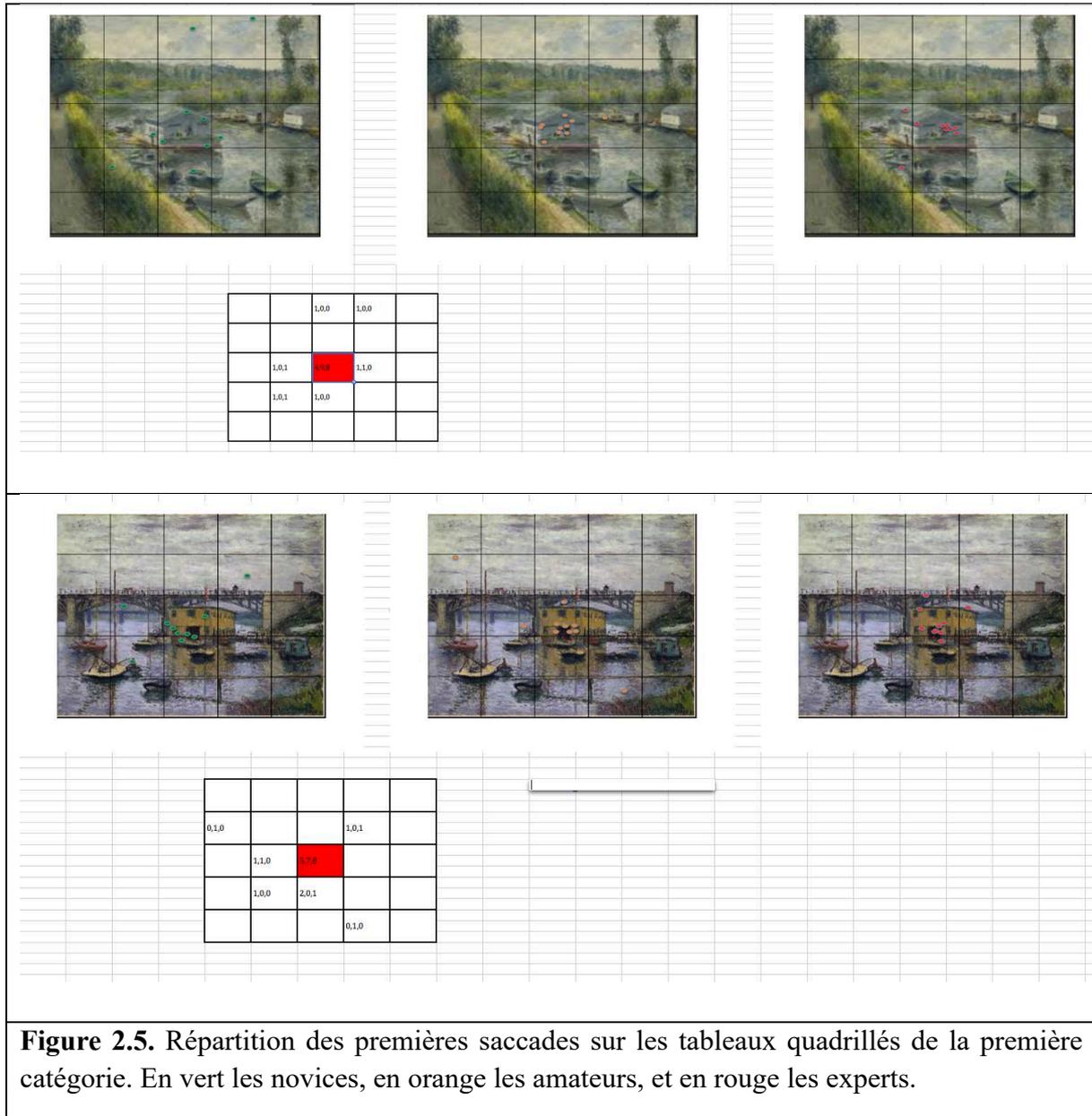
			1,0,0	1,0,0
2,1,0	3,9,8			
0,0,1	2,0,1			
1,0,0				



	1,0,0	4,1,1	
1,0,0	0,0,1		
			1,0,0

	1,0,0		
	4,8,7	2,2,3	
	1,0,0	1,0,0	
	1,0,0		





Outre la forte concentration des premières fixations au centre chez les experts et les amateurs, ces images montrent une convergence de la première fixation vers un point précis au centre de la composition chez les experts et les amateurs : sur le point de fuite dans *L'Estacade*, sur la façade dans *Maisons au bord de la Zaan*, sur le petit voilier central dans *Voiliers à Argenteuil*, sur la porte du bateau dans *le Pont d'Argenteuil*, *temps gris* par exemple. Ces points de convergence chez les experts correspondent à des zones mises en valeur par la composition picturale, ce qui suggère chez les experts une visée très précise dès la première saccade et une

compréhension intuitive de la composition du tableau. La seule saillance et un effet *bottom up* ne peuvent suffire à expliquer cette attirance pour cette zone précise, puisque les fixations des novices sont plus éparées. Ces images mettent de plus en évidence une grande homogénéité dans les données des experts et dans une relative moindre mesure chez les amateurs.

Tableaux de la catégorie 2, au sujet principal excentré.

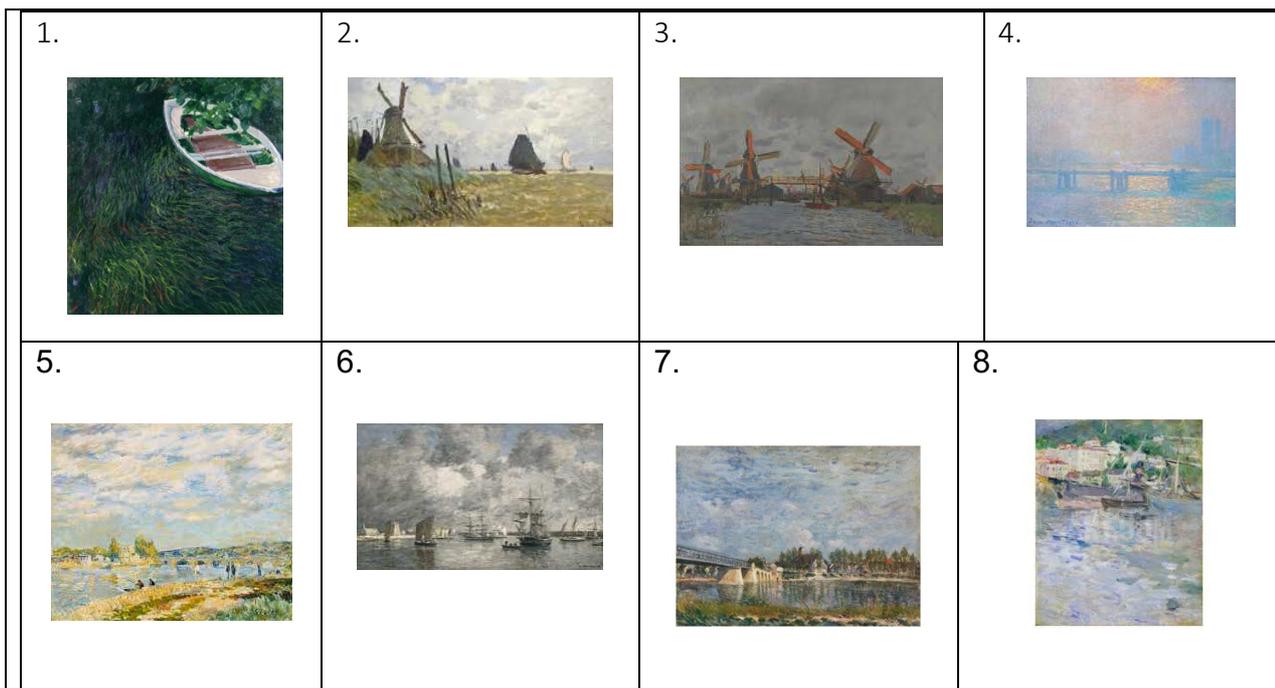


Figure 2.6. Huit tableaux au sujet principal excentré. 1. Monet, *La Barque*, 2. Monet, *Un moulin à Zaandam*, 3. Monet, *Moulins dans le Westzijderveld, près de Zaandam*, 4. Monet, *Le Pont de Charing Cross*, 5. Sisley, *Le Pont de Sèvres*, 6. Boudin, *Le Port de Camaret*, 7. Sisley, *Le Pont de Saint Mammès*, 8. Morizot, *Le Port de Nice*.

Cette catégorie regroupe des tableaux dont le sujet principal ne figure pas dans le rectangle central où sont simplement représentés l'élément aérien ou l'élément liquide. Il peut être positionné sur une ligne de force qui rappelle au regard la composition au

tiers. Cela dit, ces tableaux ne sont pas construits de manière classique. Leur composition est originale, que ce soit par l'absence de ligne d'horizon dans *La Barque* ou *Le Port de Nice*, l'afocalisation dans *Le Pont de Charing Cross* ou la ligne d'horizon basse dans *Le Port de Camaret*, *Le pont de saint Mammès*, le point de fuite décalé dans ce dernier tableau, et surtout par l'espace important et inhabituel que prennent le ciel ou l'eau dans chaque tableau.

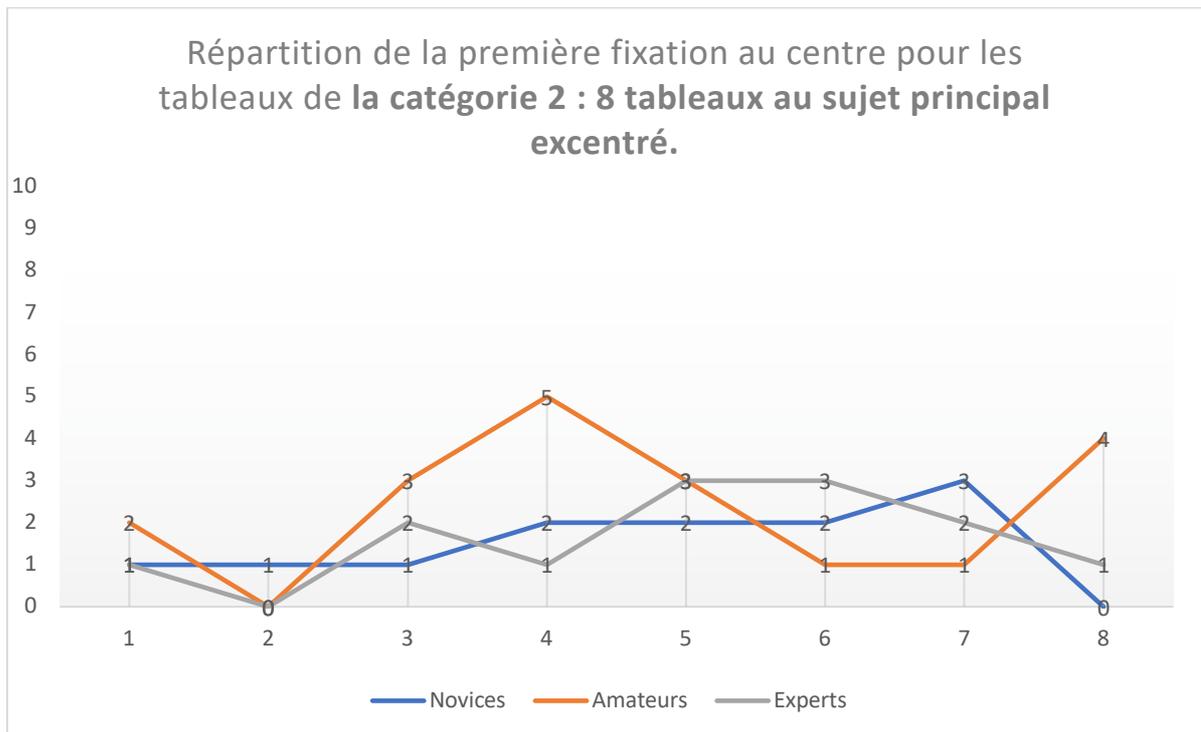
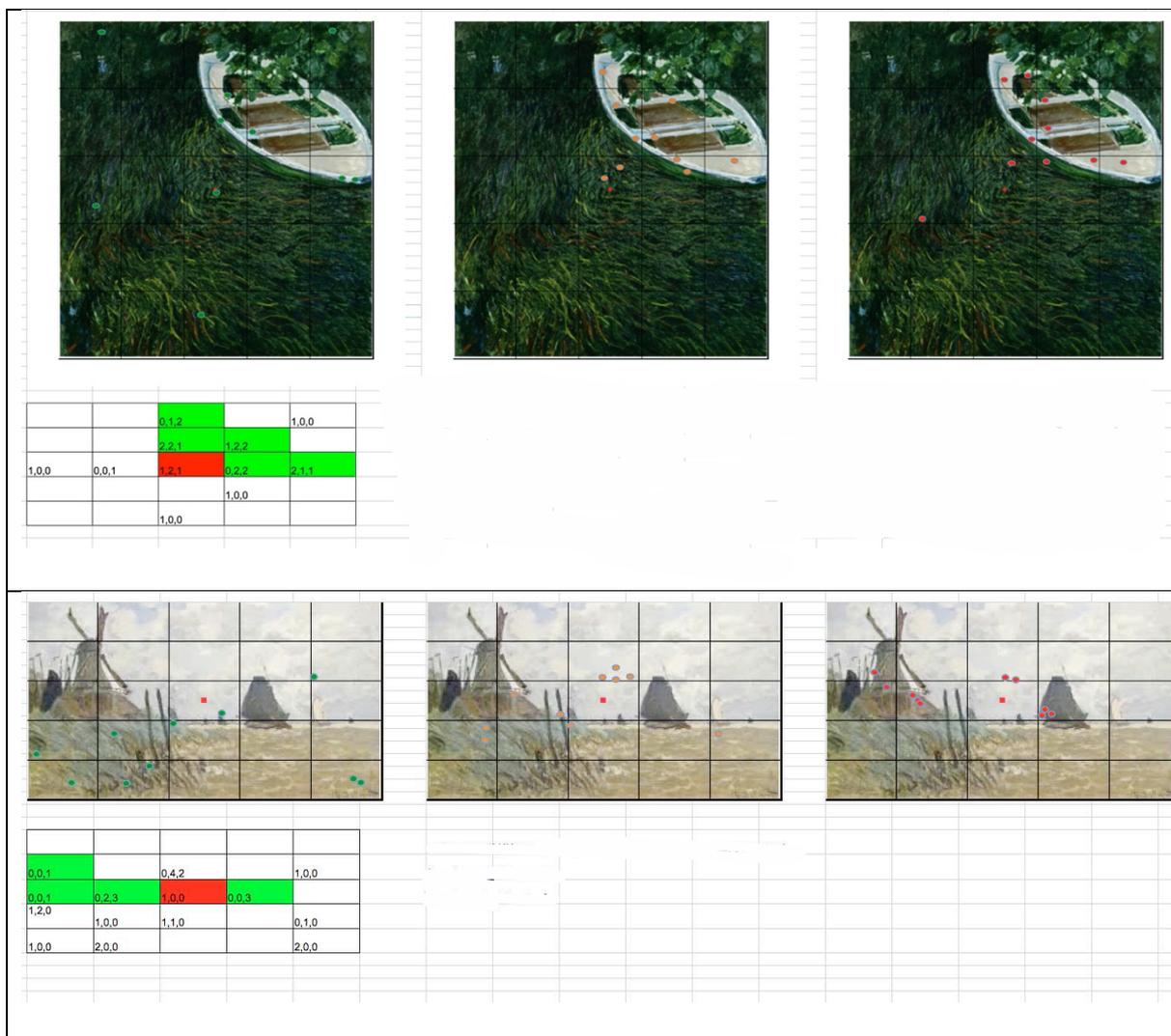


Figure 2.7. La répartition de la première fixation au centre par groupes pour la deuxième catégorie de tableau, les tableaux au sujet principal excentré.

De manière attendue, le test de Wilcoxon n'a pas montré de différences significatives entre les groupes de sujets dans leur fixation au centre pour la catégorie 2. On constate en regardant la courbe que l'ensemble des participants des différents groupes ont moins visé le centre dans ces tableaux où le rectangle central ne représentait que du ciel ou de l'eau. Cela dit, le test U de Mann-Whitney montre un effet de catégorie entre les catégories 1 et 2 beaucoup plus manifeste chez les amateurs et les experts (Z value 3,240370 ; p-value 0,001194) que chez les novices (Z value 2,546005 ; p-value 0,010897). L'attraction pour le centre se confirme donc

même en l'absence de motif saillant au centre chez tous les groupes, et l'effet modulant de l'emplacement du motif n'est pas significatif chez les novices.

Les images ci-dessous montrent que les experts et les amateurs visent, lors de leur première saccade, le sujet principal qui est excentré et dont la zone est indiquée en vert dans le quadrillage de la répartition, ce qui n'est pas le cas des sujets novices. Le premier chiffre indique le nombre de novices ayant visé dans le rectangle, le deuxième les amateurs et le troisième les experts.



2. La première saccade sur un tableau de peinture. - 100

		1,0,0		
	2,2,3	1,3,2	2,4,4	
	1,0,1	2,1,0	1,0,0	

		0,1,0	1,0,0	
	1,1,0	2,0,0	2,5,1	0,1,0
	1,0,0	0,1,0	0,1,4	2,0,3
		1,0,0		

	1,0,1			
		2,3,3		
	1,1,0	1,1,2	0,2,3	0,1,1
	2,1,0		1,0,0	1,0,0

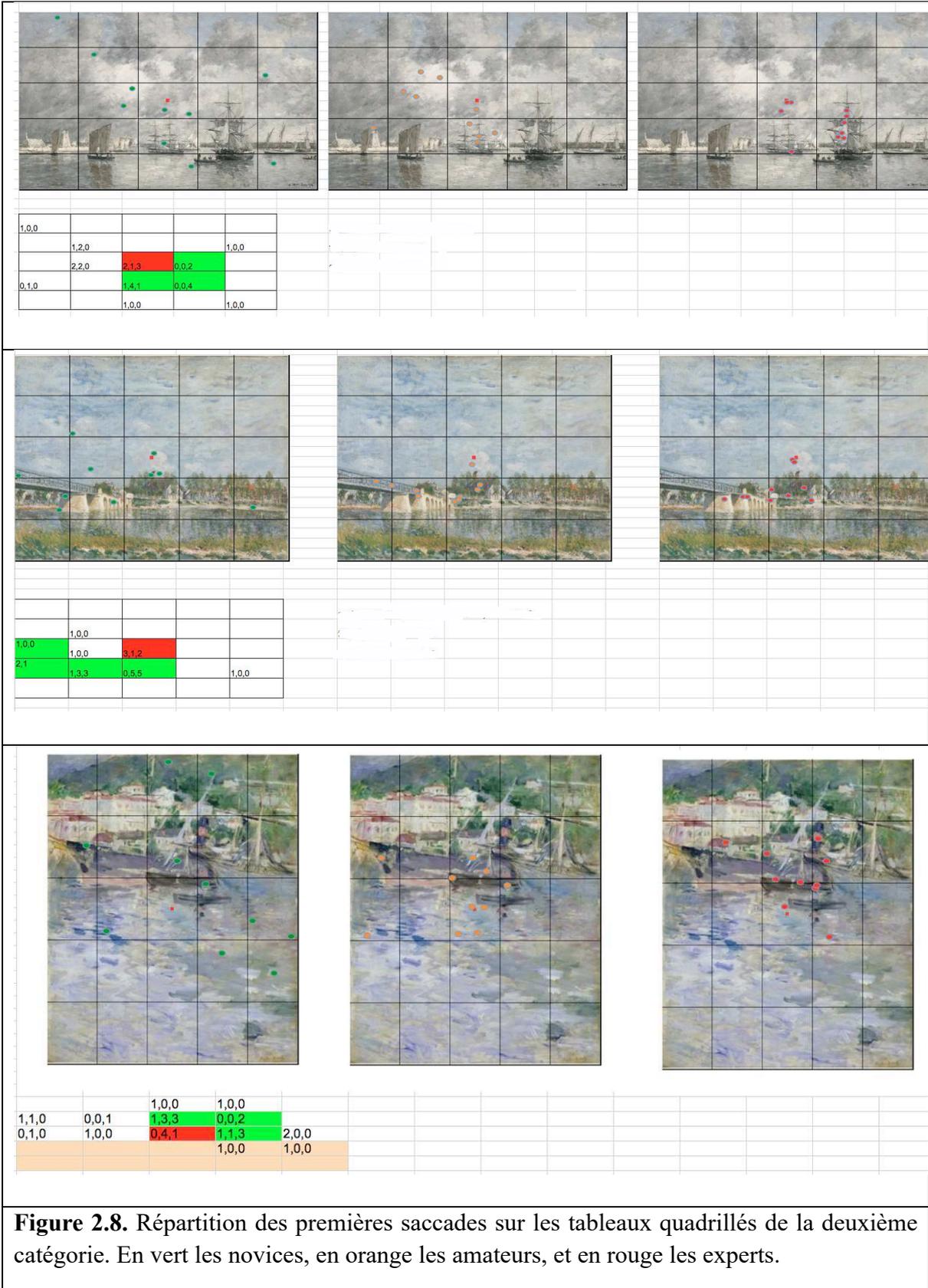
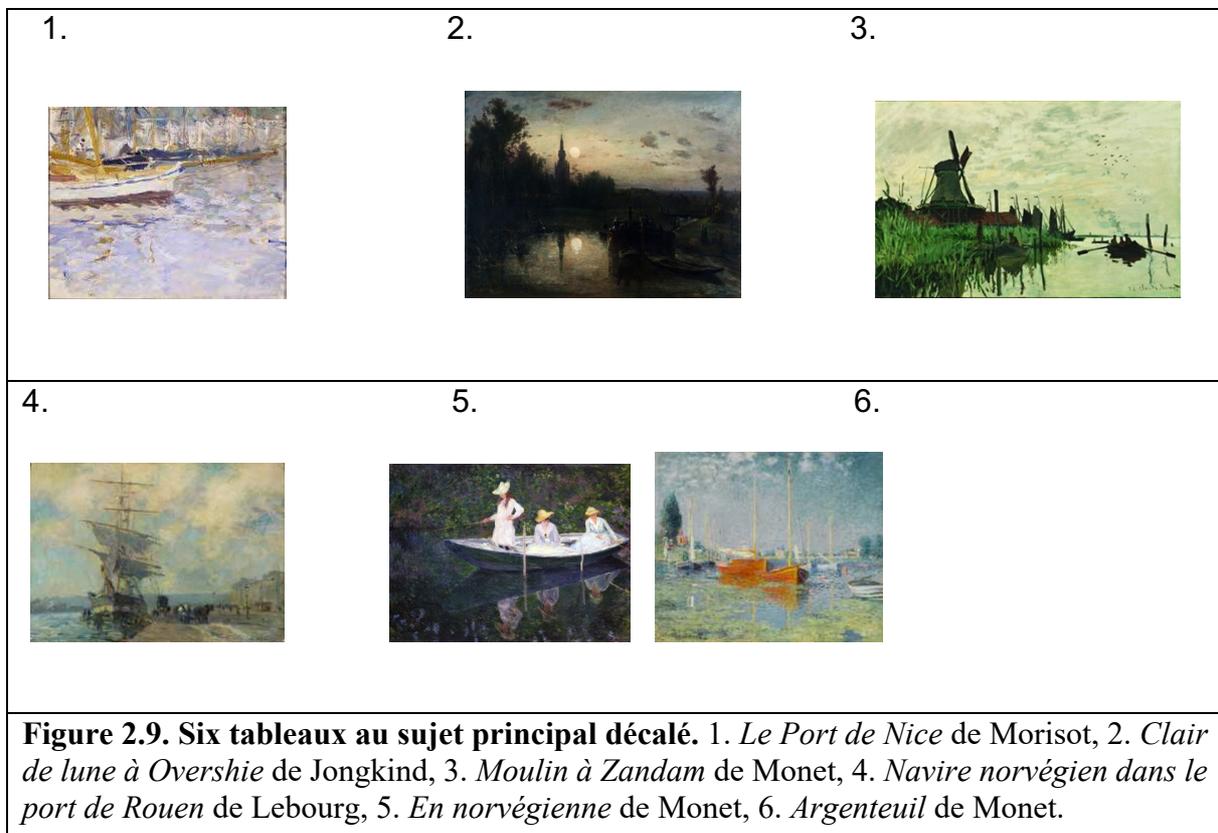


Figure 2.8. Répartition des premières saccades sur les tableaux quadrillés de la deuxième catégorie. En vert les novices, en orange les amateurs, et en rouge les experts.

Pour ces 8 tableaux sans motif important au centre, les amateurs et les experts visent davantage les rectangles latéraux sur lesquels figure le motif principal du tableau que le centre. Les novices visent assez peu le motif, et un peu moins le centre que dans les autres tableaux. Voici les résultats en termes de pourcentages : novices (centre : 15%, motif : 27,5%), amateurs (centre : 23,7%, motif : 50%) experts (centre : 16%, motif : 77,5%).

Il y a donc bien une différence importante et intéressante entre les groupes de participants, qui se situe au niveau de la zone fixée en premier : alors que les experts et les amateurs continuent à diriger leur première saccade vers le sujet principal du tableau même lorsque celui-ci est excentré, les sujets novices visent peu le sujet principal si celui-ci est excentré.

Tableaux de la catégorie 3, au sujet décalé.



Dans ces tableaux, le sujet principal est légèrement décalé par rapport au centre, sans être pour autant excentré comme dans la catégorie 2. Il peut être situé sur une ligne de force comme le navire norvégien dans le port de Rouen ou le clocher et son reflet dans *Clair de lune à Overshie*. Il peut être mis en valeur par un contraste de valeur et un contraste entre la verticalité et l'horizontalité comme la jeune femme debout dans *En Norvégienne*, ou un contraste de couleurs complémentaires comme les deux barques dans *Argenteuil*. Contrairement aux tableaux de la catégorie 2, les tableaux de la catégorie 3 comprennent, dans le rectangle central, des éléments figuratifs qui construisent le sens de la représentation. Nous avons choisi de classer *Le Port de Nice* et *Argenteuil* dans cette catégorie car le reflet était le thème de cette exposition qui visait à montrer que les impressionnistes avaient traité les reflets comme des objets rendus palpables par la couleur et la consistance de l'empâtement comme c'était le cas pour ces deux tableaux.

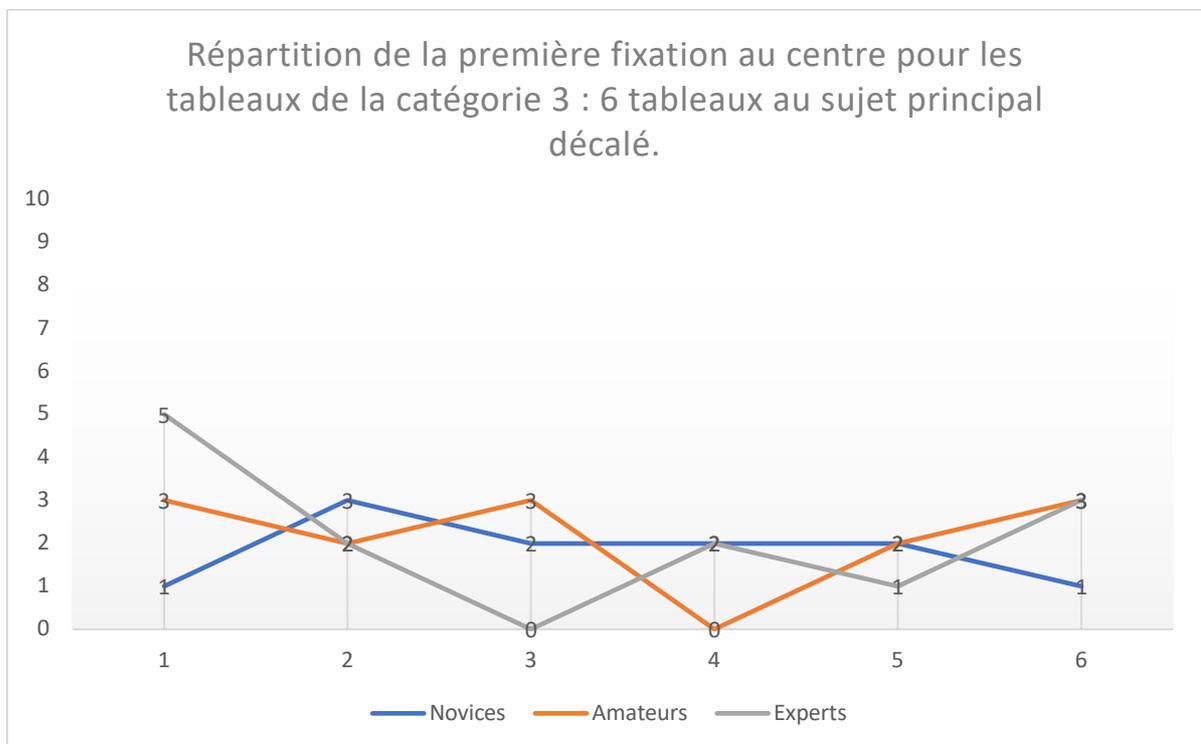
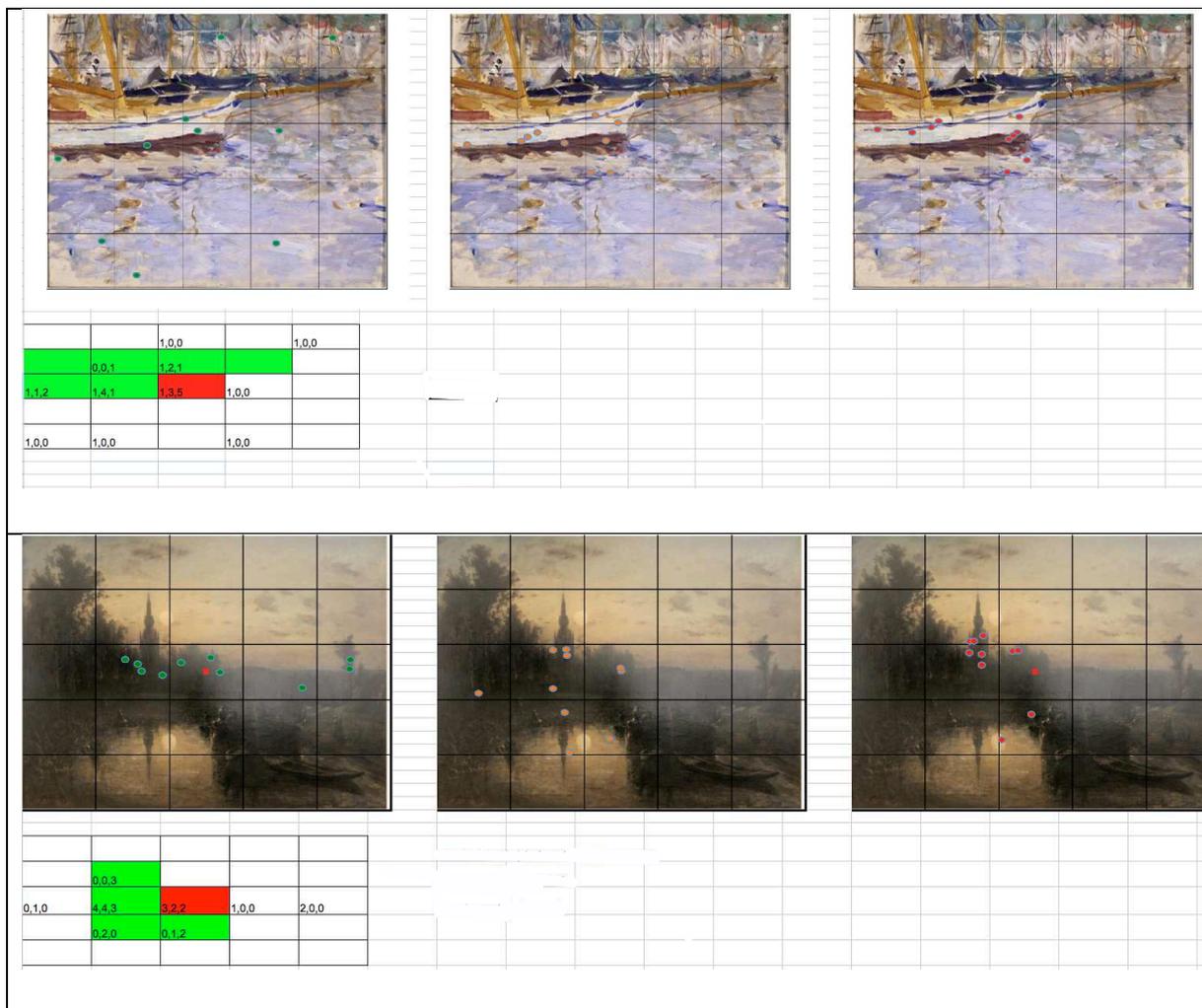
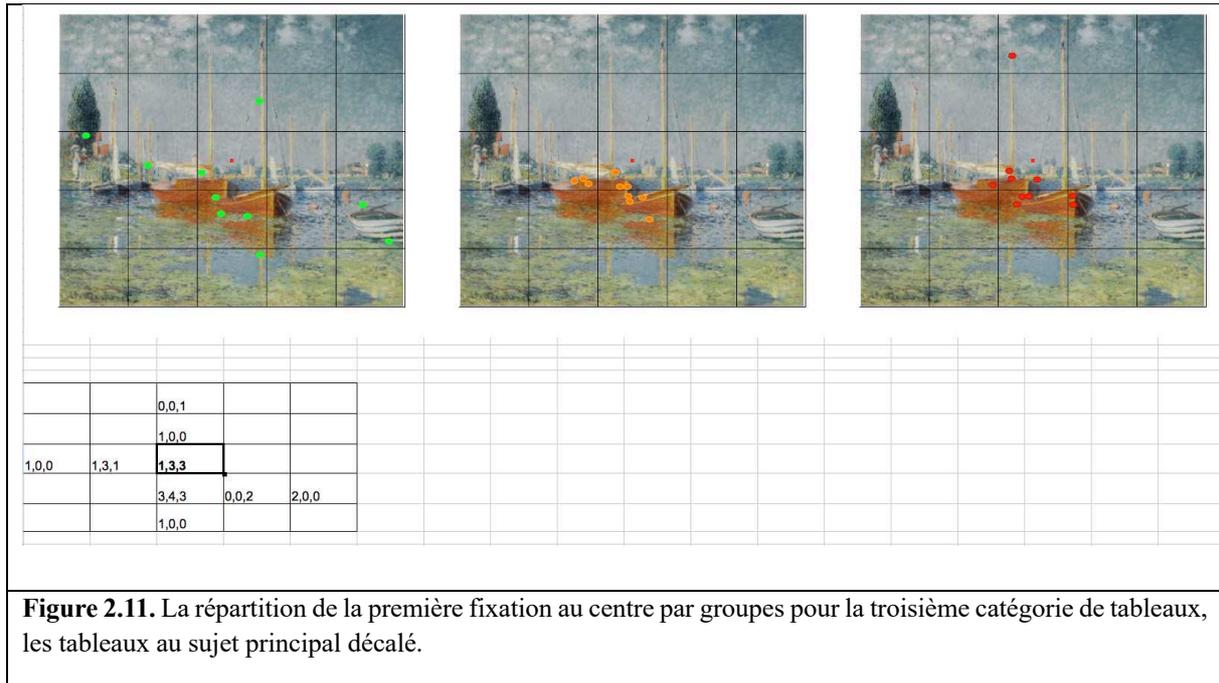


Figure 2.10. La répartition de la première fixation au centre par groupes pour la troisième catégorie de tableau, les tableaux au sujet principal décalé.

Ce graphe montre que les sujets, quel que soit leur groupe, ont peu visé le centre pour cette catégorie de tableaux, comme pour les tableaux de la catégorie 2. Le test U de Mann-Whitney montre des différences non significatives entre les catégories 2 et 3. Et le test de Friedman montre qu'il n'y a pas d'effet de groupe entre ces deux catégories. L'absence de différences entre ces deux catégories montre qu'au moment de la première saccade, la présence au centre de formes signifiantes qui n'appartiennent pas au sujet principal ne suffit pas à attirer le regard vers le centre. Nous devons donc regarder la répartition de la première fixation pour observer si c'est le centre du motif décalé qui est visé.





Comme pour les tableaux de la catégorie 2, on observe une grande homogénéité de la première fixation chez les experts et les amateurs qui convergent vers le sujet principal dès la première saccade. Et l'on observe des fixations plus éparées chez les novices qui visent néanmoins le sujet principal de manière significative : on peut observer de 3 (*Argenteuil*) à 7 fixations (*En norvégienne*) sur le sujet principal, respectivement les deux barques orange et la jeune fille debout. Pour cette catégorie, le sujet principal est donc plus attirant que le centre pour tous les groupes. Le centre reste néanmoins visé.

Tableaux de la catégorie 4, au sujet traversant.



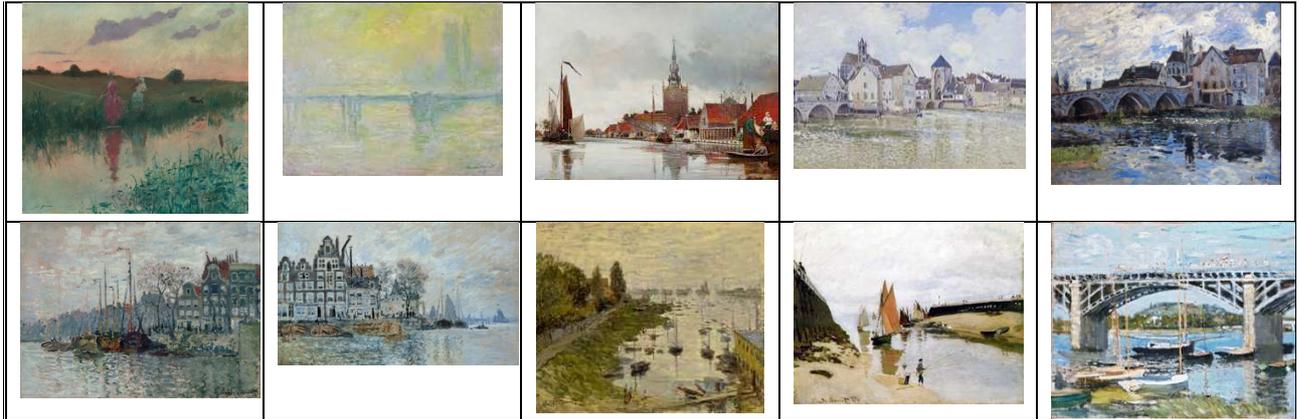


Figure 2.12. Les 15 tableaux au sujet principal traversant.

Ces tableaux rassemblent tous les autres tableaux de l'exposition sur lesquels nous avons analysé la première saccade. Le sujet principal figure sur le rectangle central que nous avons déterminé mais il en déborde largement, pour cette raison nous avons nommé cette catégorie « tableaux à sujet principal traversant ».

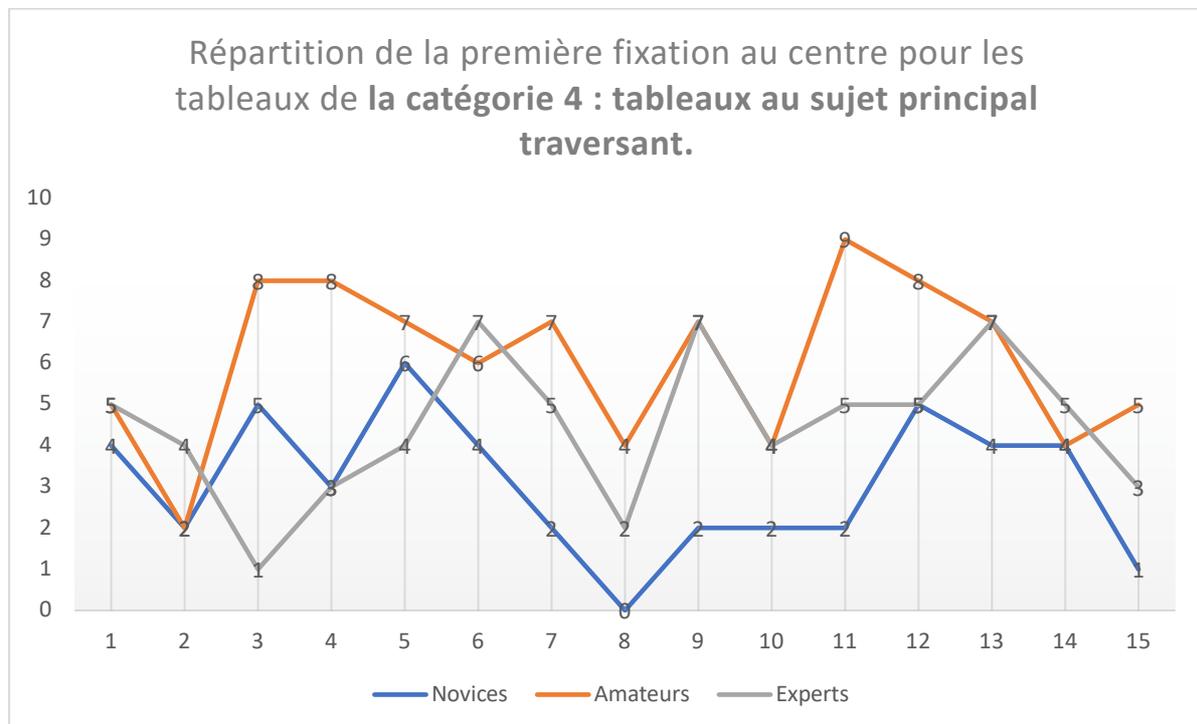
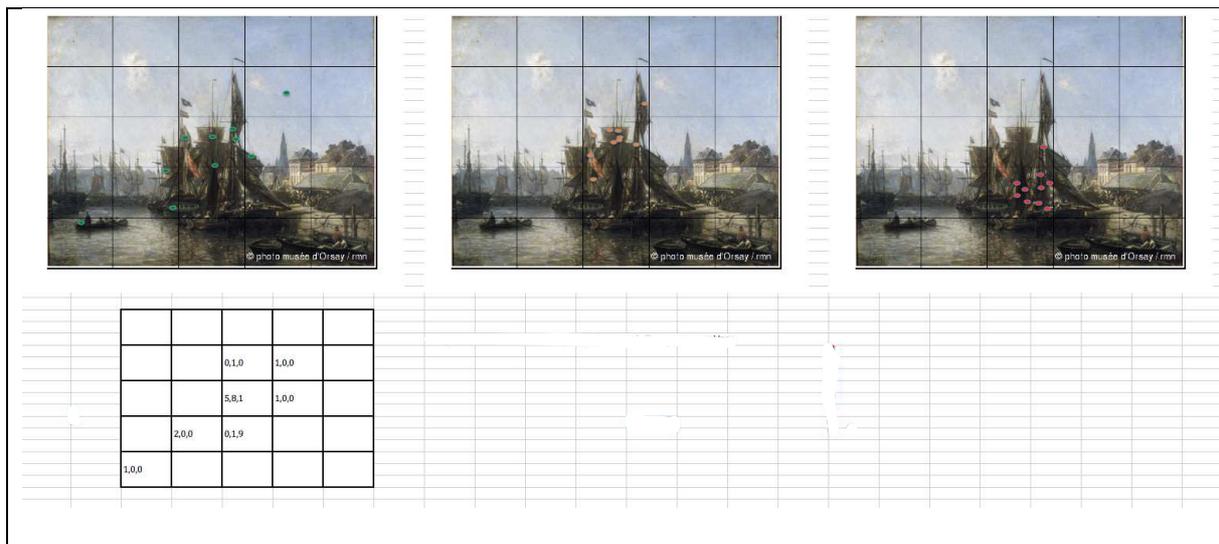


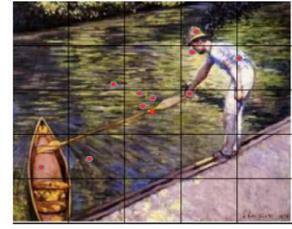
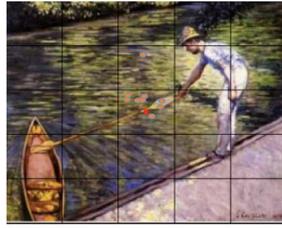
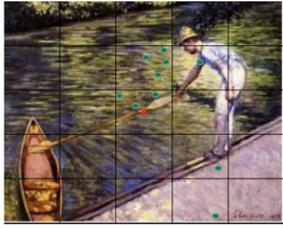
Figure 2.13. La répartition de la première fixation au centre par groupes pour la quatrième catégorie de tableaux, les tableaux au sujet principal décalé.

Le graphe montre que pour cette catégorie le centre est une zone qui attire particulièrement les amateurs, davantage que les autres groupes. Le test de Wilcoxon montre pour cette catégorie un fort effet de groupe entre novices et amateurs (Z-value 3,179797 ; p-value 0,001474), moins significatif entre novices et experts (Z-value 1,991741 ; p-value 0,046400). Il est significatif entre experts et amateurs (Z-value 2,267227 ; p-value 0,023377) alors qu'il ne l'était pas entre experts et amateurs pour les tableaux de la catégorie 1 (Z-value 0,845154 ; p-value 0,398025).

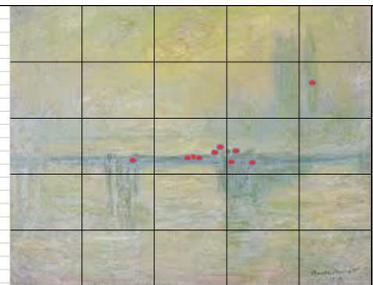
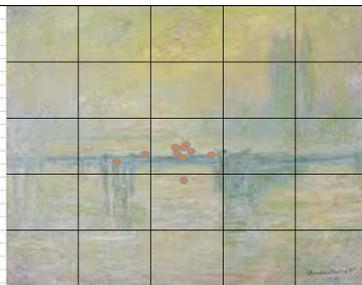
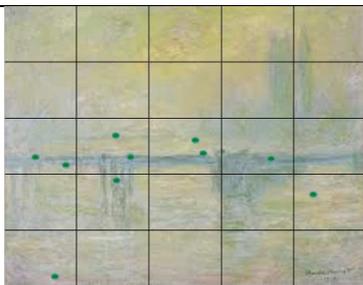
Cela montre que le centre est un facteur plus robuste chez les amateurs, comme nous l'avons déjà remarqué dans les résultats sur l'ensemble des tableaux. C'est chez les experts que la différence entre la catégorie 1 et la catégorie 4 est la plus marquée comme le montre le test U de Mann-Whitney (Z value 3,383555 ; p-value 0,000716), ce qui confirme une stratégie plus élaborée, davantage de précision, de gain dès la première saccade chez les experts. Ce qu'ils visent en premier c'est un endroit précis sur le sujet principal : si celui-ci est circonscrit au centre, ce sera le rectangle central dans notre matrice de 25 cellules, mais si le motif est traversant, ce peut être une autre zone riche en signification sur le sujet principal, comme le montrent les images ci-dessous.



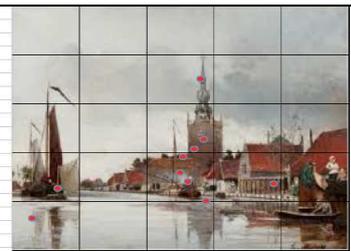
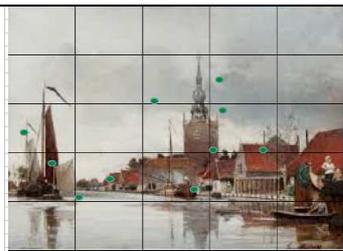
2. La première saccade sur un tableau de peinture. - 109



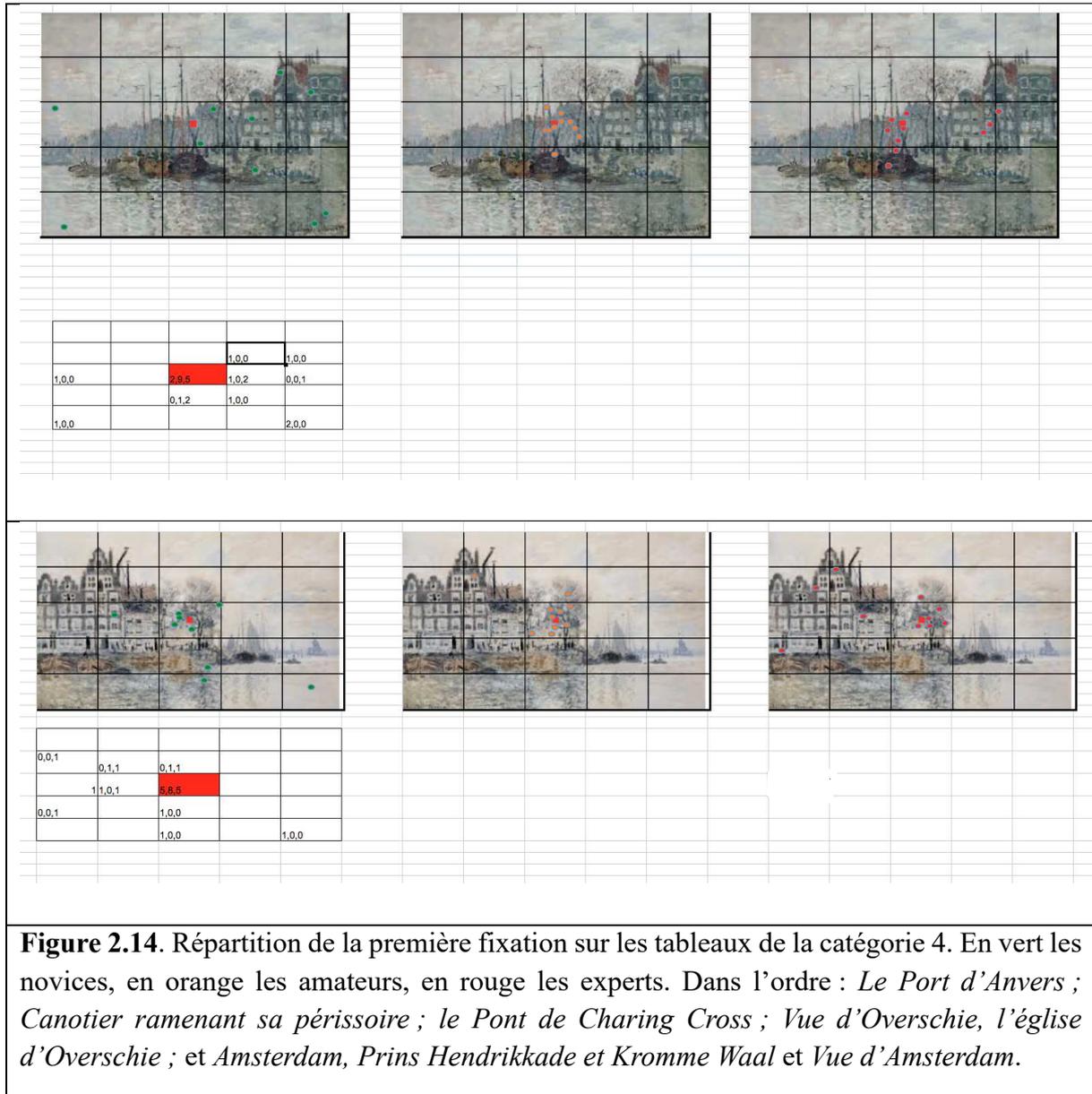
			0,1,1	
	0,0,1	4,1,0	1,0,1	0,0,1
		3,8,3	0,0,1	
0,0,1	0,0,1		1,0,0	
			1,0,0	



				0,0,1
2,0,0	2,2,1	2,7,5	1,0,3	
	1,0,0	0,1,0		1,0,0
1,0,0				



		1,0,1	1,0,0
1,1,0	0,1,0	0,4,2	3,0,0
1,0,1			
	2,0,0	1,3,4	0,1,1
0,0,1			



On observe sur ces images quadrillées que les experts ne visent pas nécessairement le centre, mais toujours une zone riche en informations visuelles. Par exemple dans *Le Port d'Anvers*, les amateurs visent le centre du tableau qui correspond aux voiles des bateaux ; mais les experts, eux, visent sous le mât au niveau des barques où figurent des personnages, un endroit qui correspond au centre du sujet principal et non au centre physique de la toile. Leur regard est donc orienté plus directement sur les éléments les plus riches en signification dans le sujet principal, et se libère de la tendance centrale. Cette zone correspond aussi au point d'intersection entre la ligne verticale du mât et la ligne horizontale formée par la barque et le rivage, ce qui laisse penser que la première saccade des experts vise un point clé

Un autre exemple intéressant pour cette catégorie, nous pouvons observer pour *Le Pont d'Argenteuil*, pour lequel les conférenciers dans leur visite guidée disaient que le pont jouait le rôle de « repoussoir », comme un cadre à l'intérieur du cadre, que la première fixation atterrit au premier plan chez tous les groupes, et plus précisément sur l'axe vertical dessiné par les deux mâts chez les experts et les amateurs. Cela confirme une sensibilité des amateurs à la composition, comme nous l'avons vu pour le tableau *Canotier ramenant sa périssoire*. Cela va aussi dans le sens de ce qu'avancait Arnheim sur l'importance de la verticalité dans l'attraction pour le centre.

Analyse statistique de l'effet des catégories sur chaque groupe

Pour savoir si la catégorie des tableaux a un effet sur chaque groupe, un test complémentaire a été effectué, le test de Kruskal-Wallis. Le test montre un effet de la composition sur les novices (H value 9,97 ; p-value 0,018), mais un effet beaucoup plus significatif sur les amateurs (H value 24,1 ; p-value < 0,0001) et les experts (H value 23,69 ; p-value 0,0001). Le test U de Mann-Whitney, déjà mentionné, a pu être effectué pour comparer plus précisément les catégories pour chaque groupe.

Test U de Mann-Whitney entre deux catégories			
		Z value	p-value
pour les novices			
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 2	2,546005	0,010897
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 3	2,142857	0,032125
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 4	0,317208	0,751086
	entre la catégorie 2 vs la catégorie 3	-0,645497	0,518605
	entre la catégorie 2 vs la catégorie 4	-2,19469	0,028187
	entre la catégorie 3 vs la catégorie 4	-1,63485	0,102082
pour les amateurs			
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 2	3,240370	0,001194
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 3	3,000000	0,002700
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 4	2,537667	0,011160
	entre la catégorie 2 vs la catégorie 3	0,193649	0,846451
	entre la catégorie 2 vs la catégorie 4	-3,22749	0,001249
	entre la catégorie 3 vs la catégorie 4	-3,19185	0,001414
for expert			
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 2	3,240370	0,001194
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 3	3,000000	0,002700
	entre la catégorie 1 vs la catégorie 4	3,383555	0,000716
	entre la catégorie 2 vs la catégorie 3	-0,516398	0,605577
	entre la catégorie 2 vs la catégorie 4	-3,19521	0,001397
	entre la catégorie 3 vs la catégorie 4	-2,25765	0,023968

Figure 2.16. Résultats du test U de Mann-Whitney.

Ce test montre que l'emplacement du sujet principal est un facteur modulant pour tout le monde, mais de manière beaucoup moins significative chez les novices.

Les novices sont sensibles à la différence de composition de la catégorie 1 avec les catégories 2 et 3 (p-value : 0,010897 et 0,032125), et entre la catégorie 2 et la catégorie 4 (p-value : 0,028187), mais pas aux différences entre la catégorie 1 et 4, ni entre les catégories 3 et 4 alors que les deux autres groupes le sont, et que ce sont des catégories qui diffèrent radicalement en ce qui concerne le positionnement du sujet dans le tableau. La présence d'un motif au centre joue donc un rôle dans l'attraction du regard vers le centre du tableau, mais que ce sujet soit centré ou traversant ne fait pas de différence pour ce groupe.

Ce test met en évidence que chez les amateurs et les experts, l'emplacement du motif principal est un facteur déterminant lors de l'orientation de la première saccade, et que l'effet de la catégorie est très significativement plus marqué chez ces deux groupes que chez les novices, et qu'il l'est encore plus chez les experts. Le test montre une grande sensibilité des amateurs et des experts à la différence entre la catégorie 1, au motif centré, avec chacune des autres catégories. La différence la plus forte s'observe entre la catégorie 1 au motif centré et la catégorie 2 au motif excentré (p-value : 0,001194 identique pour les amateurs et les experts). Cela montre que l'absence d'un motif au centre réduit fortement la tendance à viser le centre lors de la première saccade chez les experts et les amateurs. Rappelons que la différence entre la catégorie 2 et la catégorie 3 est que dans la catégorie 2, il n'y a aucun motif présent dans le carré central alors que dans la catégorie 3, des motifs peuvent être présents mais ils sont décalés par rapport au centre. La différence entre la catégorie 1 et la catégorie 3 est sensible (p-value : 0,002700 pour les amateurs et les experts), même si elle l'est moins qu'entre la catégorie 1 et 2. Une différence entre les amateurs et les experts s'observe dans leur sensibilité à l'écart de composition entre la catégorie 1 et la catégorie 4 au sujet principal traversant (p-value : 0,011160 chez les amateurs et 0,000716 chez les experts). Rappelons que dans la catégorie 4, le sujet principal apparaît dans le rectangle central, mais qu'il n'y est pas centré, il s'étale largement sur la toile. Les amateurs sont particulièrement attirés par le centre de ces tableaux, ce qui montre que chez eux la tendance centrale est plus marquée que chez les autres

groupes. Comme nous l'avons constaté dans l'analyse des tableaux au cas par cas, les experts vont orienter leur regard vers le centre du sujet principal ou vers un élément sémantiquement intéressant dans ce sujet principal large. Cela montre une grande précision de la première saccade chez les experts en art. Il vise un endroit bien défini dans le tableau, le centre du sujet principal si ce sujet est centré, le centre du sujet lorsqu'il est traversant ou excentré, ou décalé. Ainsi, c'est avant tout le sujet que visent les experts avant de viser le centre de la toile. Nous avons aussi noté que cet endroit précis était souvent le même chez tous les experts, et qu'il coïncidait avec une zone mise en valeur par la composition. Cela suggère chez les experts une compréhension de la composition très précoce qui oriente la première saccade.

Nous n'observons pas de différences statistiquement représentatives dans leur taux de fixation au centre chez aucun des groupes entre les catégories 2 et 3 (tableaux au sujet excentré et tableaux au sujet décalé). Les tableaux de ces deux catégories sont aussi peu visés au centre.

Ces résultats montrent donc que loin d'être un critère réducteur, la première saccade peut au contraire s'avérer un indicateur du comportement oculomoteur suffisamment puissant pour différencier des groupes de sujet et des catégories de tableaux.

2.2.3.3. Discussion.

Ces résultats sur 36 tableaux et 30 sujets démontrent que le regard est guidé à la fois par le biais physique que représente le centre géométrique de la toile, et que la composition entendue comme la manière dont les peintres ont mis en valeur le sujet principal de leur tableau par un emplacement particulier est également un critère pertinent pour discriminer l'endroit de la première saccade, et que ce critère est beaucoup plus marqué chez les experts et les amateurs.

Le rôle du cadre pour expliquer le biais central en contexte écologique.

Le biais central qui était observé sur écran s'observe donc également en contexte écologique. Il nous semble qu'il n'est peut-être pas exactement causé par les mêmes paramètres pour des raisons qui tiennent aux différences que nous avons développées entre les deux expériences sur écran et en contexte écologique, sur les plans esthétique, visuel et oculomoteur. Le regard n'a pas pu être attiré par un marqueur central préalable lorsqu'on enregistre les saccades sur un tableau dans un musée. Les saccades en contexte écologique sont plus amples, volontaires, accompagnent tout le corps. Et surtout le tableau, et notamment sa forme, a pu être traité partiellement en vision périphérique.

Pour expliquer l'attraction pour le centre chez tous les sujets dès la première saccade dans un contexte muséal, l'importance visuelle du cadre nous semble déterminante, dans le prolongement de l'hypothèse que nous avons formulée en début de chapitre sur la prise en compte de la bipédie, de la posture et de la verticalité de l'œuvre, ainsi que d'un point de vue esthétique et physiologique.

Nous avons pu observer au cours du visionnage que le cadre des tableaux était souvent visé lors de saillies hors du tableau et cela autant chez les novices que chez les experts. Nous avons dénombré ces saillies visuelles sur le cadre chez trois novices qui n'étaient jamais allés dans un musée de peinture (parmi notre sous-groupe de « purs novices ») et chez trois experts sur le tableau *Narcisse* : **Novice 1**, en 17s 7 saccades vers le cadre ; **Novice 2**, 8 en 27 secondes ; **Novice 3**, 9 saccades sur le cadre en 1minute et 5 secondes ; **Expert 1**, 4 saccades sur le cadre en 1 minute et deux secondes ; **Expert 2**, 5 sac sur 24 secondes d'exploration du tableau, **Expert 3**, 1 saccade sur le cadre en 5 secondes). Ces saccades montrent l'intérêt des novices comme des experts pour le contour du tableau, pour la forme de ce contour.

Nous avons pu observer également, en contexte écologique, souvent au moins une saccade sur le cartel, et des sorties hors du tableau qui peuvent être nombreuses chez les novices, et plus rares chez les experts. **Novice 1** : 6 saillies hors du cadre ; **Novice 2** : 5, **Novice 3** : 4, **expert 1** : 0, **expert 2** : 1 ; **expert 3** : 1. Ces saccades hors du cadre peuvent s'interpréter comme une dispersion du regard chez les novices, mais

aussi comme une façon d'appréhender la forme du cadre, et les limites de la représentation.

Par ailleurs, l'attention portée au cadre s'est également manifestée lorsque les participants nous ont fait part de leurs impressions sur l'exposition au moment de remplir questionnaire : ils avaient souvent un avis sur l'encadrement et pour la plupart l'avaient apprécié. Ceci nous invite à considérer le tableau comme un objet physique à part entière dont les contours sont mis en valeur par le cadre. Ce qui est visé lors de la première saccade, c'est tout à la fois le centre du tableau comme objet physique et la représentation. Nous pouvons nous souvenir que le philosophe Richard Wollheim (1980) définissait la spécificité de la vision représentationnelle comme une « double perception » qui nécessitait une attention simultanée au *medium* que constituent la toile et le cadre et au contenu représentationnel. Lorsque nous visons le centre d'un tableau, nous visons le centre d'une toile, d'un encadrement, tout autant que nous visons le centre de la représentation. Alberti et Léonard de Vinci ne s'y étaient donc pas trompés lorsqu'ils conseillaient de penser la composition picturale à partir du centre. Et au rebours, le fait d'avoir beaucoup fréquenté les tableaux des grands maîtres comme c'est le cas pour les amateurs et les experts, renforce cette tendance naturelle à viser le centre car ils ont acquis la connaissance intuitive que le centre du tableau fonctionnait comme la porte d'entrée dans l'œuvre, l'endroit où réside la clé de la compréhension de la composition de l'œuvre. Nous pouvons aussi ajouter que le cadre crée une profondeur et que celui-ci accentue la forme du tableau en mettant ainsi en valeur le centre. Et lorsque le centre physique de la toile ne correspond pas au centre de la représentation, un conflit visuel s'opère, et c'est le centre du sujet principal qui l'emporte chez les experts qui réorientent leur première saccade peut-être au cours de la visée, grâce à un traitement ultra rapide en vision périphérique et en vision de moyenne périphérie, pour atterrir sur le sujet principal de l'œuvre, alors que c'est généralement le centre physique de la toile que continuent à viser les amateurs.

Cela dit, le cadre joue également un rôle dans la représentation et il nous semble en effet essentiel pour comprendre l'attraction pour le centre de garder à l'esprit que l'espace de représentation dans la peinture européenne est un espace clos et que c'est cette clôture qui détermine la composition du tableau. La peinture occidentale

s'est développée à l'intérieur de ce cadre qui circonscrit l'espace de la représentation et qui lui impose un centre. Et notre œil s'est éduqué à voir dans un cadre et il s'est éduqué à voir une composition à partir d'un centre. Que la composition soit centrée ou non, l'œuvre est toujours composée par rapport au centre physique défini par le cadre. Viser le centre est donc toujours avantageux du point de vue de la perception.

Du point de vue physiologique, le centre de la rétine correspond à la fovéa, qui concentre le maximum de récepteurs. Orienter le centre de la rétine, qui concentre le maximum de récepteurs pour la vision des détails, sur le centre du tableau qui concentre le maximum de détails représentationnels ou du moins la clé de la compréhension de la composition de l'œuvre est un apprentissage profitable. Le cadre, par la profondeur qu'il crée, fait glisser la saccade vers le centre du tableau, facilite le repérage de la zone centrale du tableau en vision de moyenne périphérie. Le cadre facilite la rencontre du centre de la rétine avec le centre du tableau.

Nos résultats confirment aussi l'intuition d'Arnheim qui affirmait que la puissance du centre persistait même en l'absence de formes visuelles représentées au centre d'un tableau, cela est le cas chez les amateurs. Pour tester l'impact sur la posture de la présence du cadre et de la forme rectangulaire ou carrée du tableau face au sujet, l'impact de la verticalité des lignes ou encore l'impact de la centralité du sujet, il faudrait envisager des expériences de posturologie *in situ*. Il est vrai que le rôle du cadre sur la posture pour expliquer l'attraction pour le centre ne reste à ce stade qu'une hypothèse, mais notre étude 2 sur des enfants de petite taille pourra nous permettre de tester cet impact de la présence physique du cadre.

L'importance du processus *top-down*, de la culture et de l'éducation dès la première saccade.

Nos résultats montrent une différence significative du comportement oculomoteur lors de la première saccade entre les novices et les personnes habituées à visiter les musées que sont les experts et les amateurs. Les experts et les amateurs semblent davantage sensibles aux éléments qui composent le tableau dès la première saccade, puisqu'ils orientent de manière quasi systématique directement leur regard en direction du centre du tableau lorsque le sujet est situé au centre. Cette attraction pour

le centre s'observe aussi lorsque le sujet est traversant pour les amateurs. A l'inverse, les experts et les amateurs orientent significativement moins leur regard vers le centre lorsque le sujet principal est excentré ou décalé. Avant de viser le centre, les experts et dans une moindre mesure les amateurs visent donc le sujet. L'effet de la composition existe chez les novices mais est beaucoup moins significative. Les experts et les amateurs ont des résultats plus homogènes. Malgré leurs différences d'expériences, de culture, de connaissances, et leur habitude à analyser, les experts ont des résultats proches de ceux des amateurs qui se sont cultivés seuls, qui n'ont pas de pratique picturale et moins de connaissances théoriques en art pictural. Cela dit, lorsqu'on regarde l'endroit visé dans chaque tableau, on s'aperçoit que les amateurs visent approximativement les mêmes endroits que les experts mais de manière moins précise. Il est surprenant de trouver une telle précision chez les experts dès la première saccade qui est inconsciente. Ces résultats montrent le fort effet de la culture et des connaissances en art, qui ont entraîné le regard à s'orienter dès la première saccade vers une zone d'intérêt mise en valeur par la composition du tableau. L'œil d'un amateur a intégré une routine visuelle qui consiste à orienter sa fovéa vers le centre de l'image, car son regard s'est habitué à y trouver une zone riche en significations et qui constitue la clé de voûte de la composition. Si cette routine visuelle existe chez l'expert, celui-ci dispose d'une aptitude supplémentaire, peut-être liée à un traitement plus rapide de la composition du tableau en vision périphérique, qui consiste à adapter son comportement oculomoteur lors de la première saccade qui vise l'emplacement du sujet principal de manière ultra rapide.

Dans le débat pour déterminer l'influence des processus *bottom up* et *top down*, notre étude montre que l'éducation et la culture interagissent avec les processus ascendants qui correspondent aux contrastes de couleurs, de formes, de proportions, à la perception de la symétrie. Nos résultats montrent que l'éducation à l'art est déterminant dès la première visée sur le tableau. L'expertise en art peut s'apparenter d'une certaine manière à l'expertise des radiologues, qui a été étudiée en eye tracking, qui repèrent très rapidement une anomalie sur une image radiographique.

Les novices, quant à eux, ne semblent pas sensibles à l'effet de la composition, notamment à l'effet de la perspective. Par exemple, dans *L'Estacade*, aucun des novices n'a visé le point de fuite alors que ce point est l'endroit où focalisent quasiment

tous les amateurs et tous les experts sur ce tableau. Cette attirance pour cette zone précise qu'est le point de fuite dès la première saccade montre le fort impact de l'éducation du regard habitué à voir des tableaux construits à partir d'un point de fuite.

En revanche, les novices peuvent être sensibles à l'emplacement du sujet principal, mais beaucoup moins que les amateurs et les experts. Cette orientation du regard dès la première saccade vers un élément sémantique mis en valeur par la composition donne des arguments aux théories du *gist*.

Une explication par le *gist* et la *gestalt*.

Nos résultats appuient aussi l'hypothèse de l'extraction ultra rapide d'un *gist* sur la composition du tableau en moins de 50 ms mis en évidence par Berlyne (1979), et d'un *gist* sémantique mis en évidence par les équipes d'Oliva ou de Thorpe qui serait confirmée en contexte écologique.

Dans notre étude, tout se passe comme si le regard se dirigeait vers les grandes lignes du tableau, vers la forme principale qui en délivre le sens essentiel. Les théories du *gist* peuvent-elles nous aider à interpréter ces résultats ? Les auteurs qui ont défendu l'idée d'un *gist* l'ont parfois expliqué par un traitement ultra-rapide des basses fréquences spatiales (Bar 2003, Oliva 2005, Kveraga 2007, Hegdé 2008). Ces auteurs travaillent sur des images de scènes naturelles, mais si les basses fréquences spatiales semblent guider l'interprétation des scènes naturelles selon une direction dite *coarse-to-fine*, ce pourrait être *a fortiori* le cas pour des tableaux impressionnistes qui s'offrent à voir en basses fréquences, et parce que la première saccade sur les tableaux en visite muséale est guidée par la vision périphérique. Nous pouvons avancer qu'un traitement ultra rapide, inconscient, en grande partie en basse fréquence et « grossier » (*coarse*) pourrait orienter la première saccade vers le sujet principal. Les experts et les amateurs traiteraient plus rapidement, et plus globalement, car ils sont habitués à traiter visuellement la composition picturale et que leur habitude à fréquenter des musées les a rendus plus sensibles intuitivement à la mise en valeur d'un motif par le peintre.

Dans leur étude de 2006, qui porte sur la détection ultra rapide d'animaux dans un environnement naturel, Kirschner et Thorpe ont montré à partir d'images excentrées tantôt à gauche et tantôt à droite que la détection de l'objet était non dépendante du centre. Kirschner et Thorpe montrent que la détection d'un animal excentré dans une scène naturelle foisonnante a lieu de manière ultra rapide entre 120 et 130 ms. *A fortiori*, les sujets étaient capables de discriminer qu'il n'y avait pas d'humain ni d'artefact. Une expérience de 2010 a montré que c'était moins rapide pour un artefact (Holle, Kirschner, Crouzet 2010). On peut faire l'hypothèse que chez les experts, les basses fréquences interagissent avec une tâche de catégorisation du motif principal qu'ils se donnent et qui leur permet de viser dès la première saccade l'élément, quel que soit son emplacement.

Par ailleurs, dans nos résultats, tout se passe selon la théorie de la *Gestalt* de l'attirance pour la bonne forme qui se détache sur un fond relativement indifférencié perçu comme un espace vide, dès la première saccade. La première saccade tombe sur un élément utile à la compréhension du tableau et correspond donc aux premières observations de Yarbus. Mais qu'est-ce qui expliquerait d'un point de vue gestaltiste une telle différence entre novices, amateurs et experts ? Nous l'interprétons de la manière suivante : la forme est mise en valeur par la composition picturale, et celle-ci est davantage perçue par les amateurs et les novices, ce qui leur permet une plus grande rapidité d'appréhension de cette forme principale, qui ne « saute pas aux yeux » des novices dès la première saccade. Par ailleurs, une différence d'attention peut être également supposée entre les novices et les amateurs-experts. Nous pouvons nous référer à ce que nous ont appris les études oculomotrices sur l'attention qui ont montré une relation entre l'intérêt de l'observateur et ce qu'il regarde (Rizzolatti 1987).

Une compréhension spontanée de la composition chez les experts.

L'idée du rôle de la composition picturale dans l'attirance de la première saccade a guidé toute cette étude : dans le choix des catégories de tableaux et dans l'analyse des résultats. Nous avons choisi de catégoriser les tableaux selon l'emplacement du sujet principal, car nous n'avons pas observé de concordance entre les cartes de

saillance réalisées sur les tableaux avec un logiciel de psychophysique et la distribution de la première saccade chez nos différents groupes. Nous avons vu que cette composition était intrinsèquement liée dans l'histoire de la peinture au centre et au cadre du tableau. Aussi nous avons vu que la composition pouvait expliquer l'attraction pour le centre. Nous avons mesuré l'influence des connaissances en art et de la fréquentation des musées à travers les résultats des experts et des amateurs ; tous les tableaux contemplés ont façonné chez les experts et les amateurs une façon de regarder qui les oriente vers le sujet principal, et cela s'observe dès la première saccade. Nous avons expliqué cette compréhension plus rapide des tableaux, ce *gist*, et cette attraction pour la *gestalt* dès la première saccade par leur appréhension plus rapide de la composition du tableau. Chez les experts, l'habitude quotidienne à concevoir en termes de composition que ce soit chez les enseignants et chez les peintres, peut expliquer leur précision de la première saccade qui vise un élément mis en évidence par la composition.

Un autre argument sur le rôle de la composition picturale est que dans nos données, l'attraction pour la forme principale qui représente le sujet principal prime sur l'attraction pour les visages. Cette attraction première pour les visages a été pourtant largement observée dans la littérature depuis Buswell (Herschler et Hochstein 2005, Massaro, 2012), et il a été démontré que cette tendance s'observe sur la toute première fixation (Fletcher-Watson et coll. 2008). Cette primauté de la forme sur les visages dans notre expérience sur des tableaux impressionnistes est selon nous un argument en faveur du rôle fort de la composition et de la compréhension de cette composition dès la première saccade chez les experts et dans une moindre mesure chez les amateurs. Les peintres impressionnistes ont développé un rapport au sujet de la représentation différent de la tradition, aussi parle-t-on de « motifs » qui sont répétés d'un tableau à l'autre, parfois en séries. Ce qui les intéresse, c'est davantage les jeux de lumière sur les objets, les reflets et les ombres qu'ils provoquent. Aussi, les sujets humains sont traités de la même manière que les autres motifs. Dans une scène en plein air, ce ne seront pas les motifs humains qui seront particulièrement mis en valeur par la composition, et leur visage leurs vêtements seront traités comme une surface parmi d'autres qui reflète la lumière. Ainsi, les experts et les amateurs habitués des expositions impressionnistes ne vont pas viser le visage, car ils ont appris que les visages n'étaient pas précisément représentés, sans expression particulière, qu'ils

n'étaient pas le sujet du tableau. Ainsi, nos résultats nous donnent des raisons de penser que les visages dans les tableaux impressionnistes sont traités de manière spécifique lors de la première saccade. Au visionnage de ces tableaux, les personnages humains ont cela dit été la cible de nombreuses fixations. Le fait que les participants n'aient pas visé au premier coup d'œil les êtres humains va dans le sens d'une attirance du premier regard pour une zone vers laquelle le peintre nous a fait converger à travers une composition subtile. Cette observation représente donc pour nous encore un argument en faveur de la compréhension spontanée de la composition chez les experts et les amateurs. Ainsi, bien davantage que le type ou la forme des sujets principaux, nous défendons l'idée d'une compréhension spontanée de la composition du tableau impressionniste.

En conclusion, nous avançons que le cadre d'un tableau joue un rôle déterminant dans l'attirance pour le centre du tableau pour des raisons physiologiques, physiques et esthétiques : la rencontre de la fovéa avec le centre de la composition, la verticalité de l'œuvre liée à la posture et à la bipédie, l'histoire de la peinture depuis el *quattrocento* qui a fait du centre du tableau la clé de voûte de l'œuvre. Ainsi, l'habitude de fréquenter les musées renforce une tendance naturelle générale qui est d'orienter le centre de notre rétine où sont concentrés nos récepteurs sur le centre des objets. qui est liée à la verticalité de l'œuvre que souligne le cadre et à notre bipédie. Par ailleurs, les experts et les amateurs ont éduqué leur cerveau à détecter les grandes lignes d'une composition de manière rapide en vision périphérique et en vision de moyenne périphérie, ce qui leur permet d'ajuster leur première saccade directement sur le sujet principal qui est mis en valeur par la composition. Chez les peintres impressionnistes, le sujet n'est pas représenté pour ce qu'il représente en tant que tel, ce qui est secondaire pour les peintres impressionnistes, mais parce qu'il est visuellement intéressant en termes de lumière et de texture. C'est donc bien l'influence de la fréquentation des musées qui est essentielle lors de la première saccade plutôt que la saillance visuelle, et c'est elle qui explique la grande différence observée entre les novices, et les amateurs et les experts. S'il est devenu banal d'affirmer que voir est un apprentissage et que notre perception est déterminée par nos savoirs, que voir

c'est savoir, il l'est moins de constater que toutes les connaissances peuvent orienter l'endroit où l'œil se posera dès la première fixation.

3. La première saccade sur un tableau de peinture chez les enfants.

Le but de cette deuxième étude est de déterminer si l'attirance pour le centre observée chez les novices en art s'observera également chez les enfants et notamment les jeunes enfants. Cette étude nous permettra de tester nos hypothèses sur l'impact de la présence physique du cadre à hauteur du sujet et de la verticalité comme des facteurs déterminants dans l'attirance pour le centre de l'image.

3.1. L'influence de l'âge sur les saccades et les fixations.

3.1.1. Les études d'eye tracking sur les enfants.

Les études sur les saccades et les fixations chez l'enfant portent le plus fréquemment sur des expériences de lecture et montrent que la coordination binoculaire en vision de près est un lent apprentissage (Cornelissen et *al.* 1993 ; Blythe et *al.* 2006, Bucci et Kapoula, 2006).

En vision lointaine comme c'est le cas dans l'exploration d'un tableau, les mouvements oculaires sont majoritairement des saccades pures, avec un angle de vergence qui change peu. Cela dit, Fioravanti et *al.* (1995) observent des différences de disconjugaison, de vitesse, de durée et d'amplitude entre de jeunes enfants (5 et 9 ans) et des enfants plus âgés (10 -13 ans) ont été observées, sur des saccades de 5° à 25° en vision lointaine (1 m). Yang et Kapoula (2003) observent que la disconjugaison des saccades de près comme de loin diminue avec l'âge, et atteint le niveau adulte vers 10-12 ans avec une amélioration importante autour de 7 ans.

En ce qui concerne la vitesse des saccades horizontales et verticales, elle atteint des valeurs similaires à celles de l'adulte avant l'âge de 6 ans (Salman, 2006, Bucci, 2012), mais on observe des différences dans les pics de vitesse qui ont lieu dans la deuxième moitié de la saccade chez les jeunes enfants et qui ne permettent pas d'atteindre plus vite la cible, alors que les pics de vitesse s'observent dans la première moitié de la saccade chez les enfants plus grands et les adultes (Fioravanti et *al.*, 1995). Le gain, c'est-à-dire la précision des saccades, s'améliore graduellement jusqu'à l'âge de 15 ans (Fioravanti et *al.*, 1995 ; Bucci, 2012). La latence des saccades diminue progressivement pour atteindre des valeurs similaires à celles de l'adulte vers l'âge de 12 ans (Fukushima et *al.*, 2000, Bucci, 2012).

Ces différences sont généralement expliquées par les auteurs par une immaturité corticale (Yang et *al.* 2002), mettant en avant que la myélinisation des aires frontales et pariétales postérieures impliquées dans les saccades se prolonge jusqu'à l'adolescence et explique en partie ces différences (Luna et *al.*, 2008).

3.1.2. Les études d'eye tracking sur les tableaux de peinture.

Dans ses études incluant des enfants de 11-12 ans, Buswell (1935) n'avait pas observé de différences entre les *patterns* des enfants et des adultes. Très peu d'études ont mené des expériences avec des enfants sur des tableaux depuis Buswell et aucune à notre connaissance sur la première saccade.

Une étude de 2017 réalisée avec un eye tracker mobile au musée Van Gogh d'Amsterdam compare le parcours oculaire de douze enfants de 11- 12 ans avec celui de douze adultes pour tester chez les enfants la part des processus *bottom-up* et *top-down* (Walker et al. 2017). L'étude conclut que le comportement oculomoteur des enfants est dans un premier temps déterminé par des facteurs ascendants de bas niveau, contrairement aux adultes. En effet, dès leur observation libre, les adultes ont été influencés par des processus descendants, liés à leurs connaissances sur les tableaux, et les éléments informatifs dans le tableau. A l'inverse, les enfants dans un premier temps se concentraient sur des régions saillantes des peintures, mais après avoir reçu des informations sur les peintures, leurs saccades s'orientaient vers des zones peu saillantes, mais en lien avec les informations données par l'expérimentateur. Dans notre première étude, nous avons vu que la distribution de la première saccade chez les adultes ne concordait pas avec les cartes de saillance sur les tableaux de notre étude. Il en était de même pour la première saccade chez les enfants. Ce ne sont donc pas les processus sensoriels *bottom-up* chez les enfants que nous avons cherché à tester comme dans cette étude sur les tableaux de Van Gogh, mais l'attirance pour le centre.

3.2. Expérience 2 : Comparaison de la première saccade sur des tableaux de peinture entre des catégories d'enfant d'âge différent et des novices.

3.2.1. Introduction.

Après avoir observé la forte attirance pour le centre des tableaux chez tous nos participants adultes dans notre première étude, y compris chez les novices en art, nous avons souhaité tester si cette attirance pour le centre se retrouverait chez des enfants. Les études d'eye tracking sur les enfants ayant montré qu'à 6 ans, les saccades ne sont pas encore bien accordées en vision de loin, mais qu'à 7-8 ans la vision de loin d'un enfant est proche de celle d'un adulte, et que l'expérience de Buswell n'avait pas observé de différences entre les *patterns* d'enfants de 11-12 ans avec les *patterns* oculomoteurs des adultes, la différence aussi en terme de présence physique du tableau pour des enfants de petite taille, nous avons souhaité constituer un groupe de très jeunes enfants de 5 ans, et un groupe d'enfants de 8-10 ans, et de comparer ces deux groupes d'enfants au groupe de « novices » étudié dans l'étude 1.

3.2.2. Méthodes.

Sujets

4 enfants de 5 ans (4 filles) et 5 enfants de 8 à 10 ans (1 fille) et 10 adultes novices. Les enfants de 5 ans n'étaient jamais allés dans un musée ou moins de trois fois. Les enfants de 8-10 ans étaient allés plus de 5 fois dans un musée de peinture.

Matériel

L'eye tracker utilisé est le même que pour l'étude 1 sur les adultes. Le calibrage a dû être recommencé plusieurs fois. Seuls les enregistrements estimés à plus de 70% des fixations ont été conservés.

Stimuli

29 tableaux du XIXème de l'exposition « Éblouissants reflets » divisés en quatre catégories : catégorie 1 : 5 tableaux au sujet centré ; catégorie 2 : 6 tableaux au sujet

excentré ; catégories 3 : 4 tableaux au sujet décalé ; catégorie 4 : 13 tableaux au sujet traversant.

Procédure

La procédure pour les adultes novices est celle indiquée pour l'étude 1, les sujets ont visité seuls et sans autre consigne que de regarder tous les tableaux. L'expérimentateur a en revanche accompagné et guidé les enfants dans l'exposition en leur laissant la liberté de regarder les tableaux le temps qu'ils le souhaitent et dans l'ordre qu'ils le souhaitent. Deux salles ont été visitées, les salle 2 et 3. La visite fut plus courte (en moyenne 20 minutes) et moins de tableaux ont été regardés.

Analyse des données

Comme pour l'expérience 1, nous avons effectué un codage manuel sur une matrice de 25 cellules en reportant la première fixation de chaque sujet sur chaque tableau classé dans l'une des quatre catégories.

3.2.3. Résultats.

Les enfants de 5 ans ne visent qu'exceptionnellement le centre d'un tableau (2,67 % des tableaux ont été visés au centre), alors qu'un taux significatif de fixations centrales s'observe chez les enfants de 8-10 ans même s'il est peu élevé : 14,5 %, et qu'il est plus faible que chez les 10 adultes novices de notre étude : 22,04 %. Afin de déterminer si les différents groupes étudiés orientent différemment leur regard lors de la première saccade, un test de Friedman a été effectué avec pour facteur les groupes d'observateurs sur l'ensemble des tableaux ($n = 29$). Ce test révèle de manière très significative que les différents groupes de participants orientent différemment leur regard sur les tableaux lors de la première saccade (2 degrés de liberté, $\chi^2 = 38.39604$, $p\text{-value} < 0,0001$).

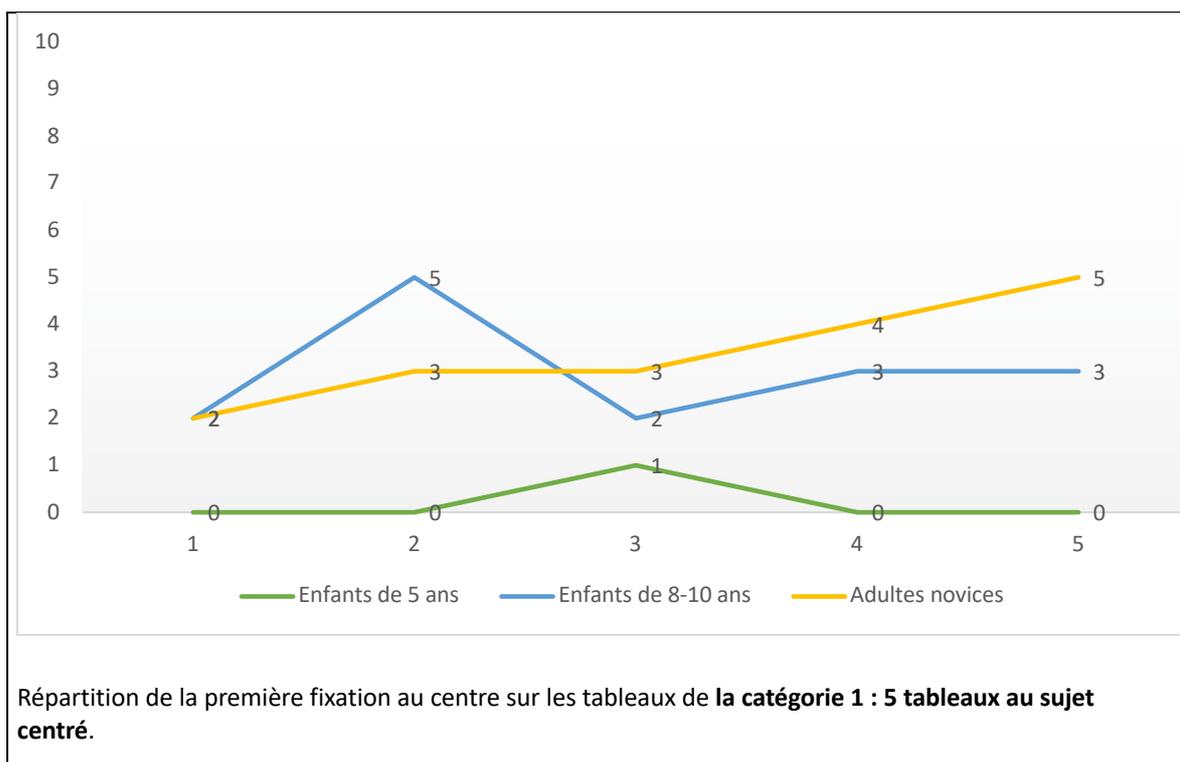
Le test de Friedman réalisé sur chaque catégorie de tableaux révèle que l'orientation du regard diffère entre les groupes de manière significative pour toutes les catégories de tableaux (catégorie 1 : $\chi^2 = 10$, $p\text{-value} = 0,00674$; catégorie 2 : $\chi^2 = 10$, $p\text{-value} = 0,00674$; catégorie 3 : $\chi^2 = 10$, $p\text{-value} = 0,00674$; catégorie 4 : $\chi^2 = 10$, $p\text{-value} = 0,00674$).

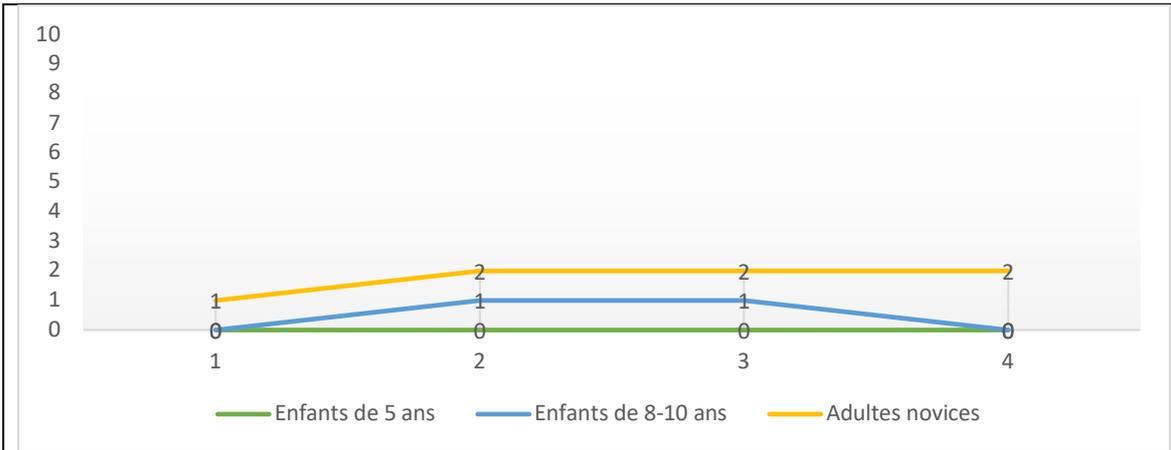
2 = 7,142857, p-value = 0,02812 ; catégorie 3 : chi-2 = 6, p-value = 0,04979), et de manière plus significative pour la catégorie 4 au sujet traversant (Catégorie 4 : chi-2 = 19,5, p-value = 0,00006).

Afin de comprendre comment les groupes de participants diffèrent dans leur orientation du regard, des tests de Wilcoxon ont été effectués. Le test de Wilcoxon, effectué sur l'ensemble des peintures, révèle des différences très significatives dans l'orientation du regard entre les enfants de 5 ans et les enfants de 8-10 ans (Z-value = 4,285714, p-value = 0,000018), *a fortiori* entre enfants de 5 ans et les adultes novices (Z-value = 4,577056, p-value = 0,000005) et dans une moindre mesure entre les enfants de 8-10 ans et les novices (Z-value = 1,929050, p-value = 0,053726).

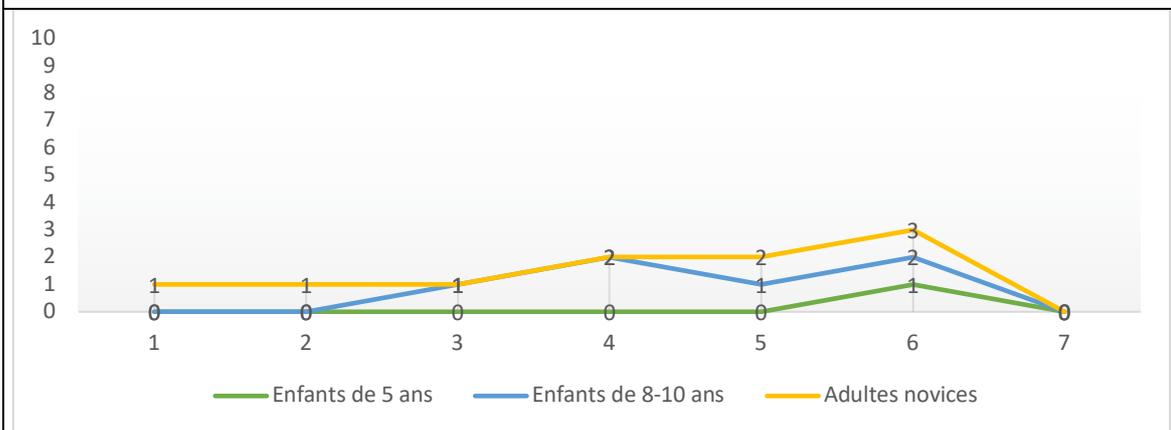
Ces résultats laissent supposer un début de stratégie centrale chez les enfants de 8-10 ans, même si elle est moins marquée que chez les adultes novices. Afin d'observer si les enfants de 8-10 ans sont sensibles à l'emplacement du sujet principal dans un tableau, nous avons regardé les résultats par catégorie.

Les répartitions pour chaque catégorie de tableaux

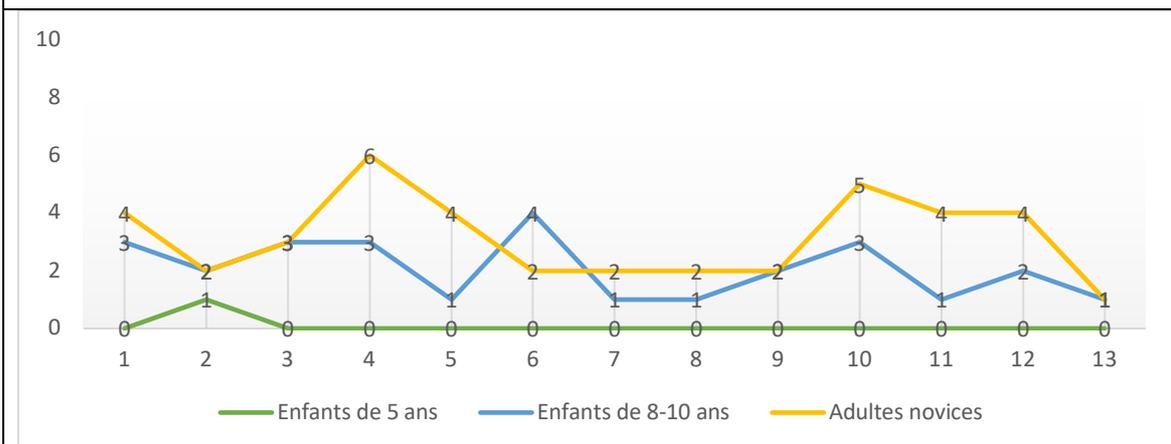




Répartition de la première fixation au centre sur les tableaux de la **catégorie 2 : 4 tableaux au sujet excentré.**



Répartition de la première fixation au centre sur les tableaux de la **catégorie 3 : 7 tableaux au sujet décalé.**



Répartition de la première fixation au centre sur les tableaux de la **catégorie 4 : 13 tableaux au sujet traversant**

Figure 3.1. Les répartitions pour chaque groupe et chaque catégorie de tableaux.

Les enfants de 5 ans ne visent quasiment jamais le centre d'un tableau, à un pourcentage (2,67%) qui est en dessous de la surreprésentation du rectangle central estimé à 4 %.

En revanche, on observe un début de stratégie centrale chez les enfants de 8-10 ans qui n'existe pas chez les enfants de 5 ans. On observe sur les graphes que la courbe des enfants de 8-10 ans suit celle des adultes novices dans chaque catégorie de tableaux.

Cette visée centrale chez les enfants de 8-10 ans s'observe surtout sur les tableaux dont le sujet principal est situé au centre (catégorie 1) et les tableaux dont le sujet principal est traversant (catégorie 4). Pour ces deux catégories où le sujet principal figure dans le rectangle central de la matrice de 25 cellules, la médiane est de 2 sur 5 alors qu'elle est de 1 sur 5 pour les catégories 2 et 3 qui ne comportent pas de motif dans ce rectangle circonscrit, ce qui laisse supposer que les enfants de 8-10 ans peuvent orienter leur regard pour viser un sujet dans un tableau dès la première saccade. Le test de Kruskal-Wallis est significatif chez les enfants de 8-10 ans pour toutes les catégories de tableaux (H value 12,35, p-value 0,006). Le test de U de Mann-Whitney révèle des différences significatives entre la catégorie 1 avec la catégorie 2 (Z value : 2,373464, p value 0,017623) et avec la catégorie 3 (Z value : 2,449490, p value 0,014306), mais pas avec la catégorie 4 (Z value 1,330733, p value 0,1183278), ainsi qu'entre la catégorie 3 et la catégorie 4 (Z value -2,37778, p value 0,017418), ce qui confirme une différence de fixation au centre entre les tableaux où figure un motif au centre (catégories 1 et 4) et les catégories où aucun motif ne figure (catégories 2 et 3).

A l'inverse, la première fixation des enfants de 5 ans semble tomber de manière aléatoire quelque part dans le tableau. Leur œil tente d'atteindre l'intérieur du tableau, d'ailleurs assez souvent le cadre (8 tableaux sur les 29 ont été visés sur le cadre par un des enfants de 5 ans) ou le haut du tableau et les coins (16 tableaux sur les 29 ont été visés sur ces zones), contre 6 fixations chez les enfants de 8-10 ans. On sait depuis Buswell et Yarbus que le haut du tableau et les coins sont des zones qui ne sont quasiment jamais explorées même lorsqu'on laisse un long temps d'exploration aux participants. Or, la première saccade chez les enfants de 5 ans tombe sur ces zones. Cela montre que les enfants visent le tableau, et non un endroit précis dans le tableau,

ni le centre ni une forme. La première fixation tombe exceptionnellement sur le centre, mais exceptionnellement aussi sur une forme ou sur une couleur qui pourrait être considérée comme saillante.

3.2.4. Discussion.

Les enfants de 8-10 ans peuvent viser, lors de la première saccade, le centre des tableaux et ils le visent davantage lorsque le sujet principal figure au centre du tableau. Cela montre que la visée centrale lors de la première saccade est un comportement oculomoteur qui apparaît durant l'enfance, ainsi que la visée du sujet principal. Cela va à l'inverse de l'idée souvent développée selon laquelle les mouvements des yeux des enfants sont en premier déterminés par des processus *bottom-up* (Walker et al. 2017). Les enfants de 8-10 ans peuvent viser le centre d'un tableau, même si cette visée centrale est moins développée que celle des novices. Par ailleurs, ils visent un motif s'il est placé au centre, très peu de fixations sur les motifs excentrés ont pu être relevés. Le fait que ce soient les tableaux dans lesquels le sujet principal figure au centre qui sont le plus visés suggère que la présence d'un sujet au centre augmente significativement le pouvoir d'attraction du centre chez ce groupe d'enfants, et que l'effet conjugué des deux facteurs, attraction pour le centre et attraction pour le sujet principal, est manifeste, comme chez les novices.

Contrairement aux novices, ces enfants de 8-10 ans étaient déjà allés dans les musées de peinture et étaient issus de milieu social cultivé, ce qui va dans le sens de l'impact important de l'éducation à l'art, de la culture, de l'habitude à fréquenter des musées sur la première saccade, que nous avons mis en évidence chez les sujets adultes dans notre étude 1. Cela rappelle les idées de Bourdieu sur l'héritage culturel qui façonne notre manière de voir. Nous pouvons faire l'hypothèse que ces enfants de 8-10 ans issus de milieux cultivés avaient déjà développé une stratégie exploratoire inconsciente sur les tableaux de peinture. Nous pouvons aussi émettre l'hypothèse que c'est parce qu'ils ne se situent pas exactement face au tableau, à sa hauteur, que l'attraction pour le centre est moins efficace, selon l'idée d'Arnheim d'un impact fort de la verticalité de l'œuvre dans la prégnance du centre.

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer que les enfants de 5 ans ne visent pas le centre des tableaux alors qu'on observe l'attraction pour le centre chez les enfants de 8-10 ans. On peut émettre l'hypothèse d'une immaturité cérébrale, généralement convoquée dans les études pour expliquer la disconjugaison, les différences de vitesse, d'amplitude, et de gain entre un enfant de moins de 6 ans et des enfants plus âgés. Il ne nous semble pas pertinent de convoquer une explication par les processus *bottom-up* puisque cette première fixation n'apparaît pas sur une forme ou sur une couleur qui pourrait être considérée comme saillante. La première saccade des enfants de 5 ans est bien une saccade volontaire, qui a pour but de viser le tableau, mais elle n'est pas orientée vers un endroit précis dans le tableau, alors que l'on observe ce but élaboré chez des enfants de 8-10 ans.

Il nous semble important de tenir compte du paramètre physique qui tient au rapport de l'enfant à l'œuvre : c'est sa petite taille. Le tableau ne se déploie pas sous ses yeux comme pour un enfant de 8-10 ans ou pour un adulte. Le tableau n'est pas face à lui, il doit lever la tête, tendre le cou, les muscles de ses yeux ne seront pas non plus les mêmes, sa taille implique davantage de saccades verticales. Une expérience qui mettrait au même niveau les enfants et les adultes pourrait être intéressante pour tester cette hypothèse. Cela dit, c'est sans doute l'habitude de regarder des tableaux à la hauteur de leur visage qui a contribué chez l'adulte à générer la routine visuelle qui consiste à viser lors de la première saccade le centre des tableaux. Ce paramètre montre une fois de plus à quel point l'exploration visuelle dans un musée est une expérience physique, motrice et à quel point la présence matérielle d'une œuvre d'art transforme l'expérience visuelle.

4. La première saccade sur une statue.

Les historiens de l'art décrivent le moment où les *kouroi* grecs, jusqu'alors raides et figés, se mettent à exprimer un mouvement par l'inflexion d'un bras ou d'une jambe, comme un éveil de la sculpture entre le VI^{ème} et le V^{ème} siècle avant notre ère. De manière saisissante, Gombrich compare cet éveil, dans *L'Art et l'illusion* (p.99), au baiser du Prince dans *La Belle au bois dormant* qui donne vie à une cour tout entière, lorsque celle-ci commence alors à se mouvoir après un sommeil millénaire. Ce moment où les statues semblent prendre vie est souvent présenté dans les livres d'histoire de la sculpture comme la naissance de la statuaire en tant qu'art, et l'expression paradoxale de la vie et du mouvement dans la pierre comme la gageure que doit relever le sculpteur (Hegel, 1829 ; Gombrich, 1959 ; Wittkower, 1977).

Comment regardons-nous ces corps de pierre ? Nos yeux sont-ils spontanément attirés par les membres en tension, s'attardent-ils sur les courbes, les torsions, les inflexions, les plis qui expriment le mouvement, ou visent-ils comme dans un tableau le centre de l'œuvre, ou encore visent-ils les visages comme lorsqu'ils croisent une personne en chair et en os ? Sur le plan visuel, qu'est-ce qui distingue la statuaire des autres arts plastiques et de notre perception du réel ? Peut-on repérer une spécificité du comportement oculomoteur sur cet art particulier ? Et pouvons-nous observer un comportement oculomoteur spécifique dès la première saccade ?

Après avoir défini ce qui caractérise la sculpture sur le plan visuel et passé en revue les rares expériences sur les statues, nous présenterons les trois expériences de notre troisième étude.

4.1. La spécificité de la sculpture parmi les arts visuels : ce que nous apprend la littérature.

Dans la typologie des arts, la sculpture est présentée comme un art intermédiaire, entre l'architecture et la peinture. Comme l'architecture, elle nous place face à un volume, mais contrairement à un bâtiment qui a été conçu au sein d'un paysage et qui donne l'impression de surgir du sol (Arnheim, 1988), la sculpture est un objet indépendant, comme un tableau, qui se donne à voir dans son autonomie. Comme pour un tableau, son intégration dans un bâtiment ne lui retire pas cette autonomie visuelle, la statue peut être contemplée pour elle-même. Cela dit, à la différence d'un tableau, la sculpture est généralement posée sur un socle qui appartient parfois à l'œuvre et qui la place dans les musées à hauteur du regard. Comme le cadre pour une peinture, ce socle signale la statue comme œuvre et la met en valeur. Mais à la différence du cadre en peinture qui délimite l'espace pictural en le séparant de la réalité, le socle ne sépare la sculpture que du sol, la sculpture n'est visuellement pas encadrée, ce sont ses formes même qui définissent l'espace de représentation. Cette spécificité visuelle de la sculpture, *gestalt* qui s'offre au regard sur le fond du réel peut-elle avoir des implications sur le plan oculomoteur ? Le socle est-il un élément visuel qui attire le regard ?

Ce volume de la sculpture et tout particulièrement de la statuaire est un volume qui invite à en faire le tour, contrairement à la masse englobante de l'architecture, et contrairement à la peinture qui se déploie tout entière sur une surface circonscrite par le cadre. Quelle qu'en soit la taille, amulette, ronde-bosse ou menhir, la statuaire se donne à voir comme un volume à contourner (Van Lier, 1995). La saisie globale en est impossible, une statue est un volume à multiples facettes que l'œil explore par la mémorisation successive de ses formes. Les livres d'histoire de la sculpture retracent une évolution de la statuaire à une seule vue dans l'art antique et dans les premières statues de Michel-Ange jusqu'à l'ambition de Rodin de sculpter chaque surface pour que chaque facette manifeste un volume. Cette infinité de vues incite le spectateur au mouvement et a fait de la statue un art cinétique bien avant que le terme ne s'applique à certaines sculptures du XX^{ème} siècle (Wittkower, 1977). Ces volumes en rotation pour le spectateur cinétique auront-ils un attrait particulier pour le mouvement de ses yeux ?

Par ailleurs, la statue est aussi une image du corps, elle place notre corps face à un autre corps qui se dresse à notre taille, rehaussé sur un socle. Elle est de ce fait une rencontre physique qui engage plus directement que les autres arts plastiques notre organisme. Alberti dans le *De Statua* insiste sur la ressemblance de la statue avec son spectateur. Comment réagissent nos yeux lors de cette rencontre ?

Ce corps qui s'érige face à notre corps est aussi l'œuvre d'un corps. Une tradition qui remonte à l'Antiquité considère la sculpture comme une spécialisation de l'artisanat. Aristote la donne en exemple emblématique de l'artefact, chose artificielle façonnée par la main humaine, par opposition aux choses naturelles. Au XVI^{ème} siècle, Léonard de Vinci dans son *paragone* (De Vinci, 1584), qui compare la peinture et la sculpture et qui a eu une influence sur les générations suivantes, insiste sur l'effort physique du peintre, faisant de la sculpture un travail avant tout manuel contrairement à la peinture, œuvre de la pensée. Michel Ange et Le Bernin voudront donner une connotation positive à cette dimension physique et valoriser ce travail physique. Dans quelle mesure ressentons-nous, spectateurs, ou pensons-nous, le geste créateur qui s'élanche, le rythme de ce geste qui modèle, qui burine, son effort physique ?

Ce que le sculpteur modèle, ce sont des formes qu'il met en relation les unes aux autres, pour donner l'illusion qu'elles ont été façonnées d'un seul geste qui en aurait étiré les extrémités. A la différence d'un tableau qui est un agencement de formes, une sculpture se donne à voir comme une unité. Ainsi, lorsque nous percevons une statue ronde-bosse, nous percevons donc un volume, c'est-à-dire une forme sur un fond, un poids, un centre, un mouvement, des contours, des facettes, une matière, un geste.

Nous espérons avoir mis en évidence que visuellement, une statue, ce volume tangible, est très différente d'un tableau de peinture traditionnellement considéré comme une chose mentale, illusionniste, intellectuelle, représentant et que cet art de la statuaire qui a été très peu étudié. Cela nous ouvre un vaste champ d'études qui promet de nous apprendre beaucoup sur notre perception de l'art des volumes.

Que nous apprennent les études scientifiques et philosophiques sur cet art visuel particulier ?

4.1.1. Très peu d'études scientifiques réalisées sur des statues.

Nous n'avons trouvé aucune étude d'eye tracking réalisée sur des statues réelles. En revanche, Buswell et de Yarbus avaient utilisé comme stimuli de leurs études des photographies de sculptures. La seule différence qu'ils aient mis en évidence dans leurs études sur un nombre significatif de sujets, c'est que dans les photographies sur les statues, l'arrière-plan n'était pas visé (Buswell 1935, p. 62-63 ; Yarbus 1967. pp.181, 186-188), les fixations se concentrent sur la statue, le socle lui-même est peu visé. Le centre d'intérêt principal mis en évidence dans les deux photographies de statues de Buswell et dans les quatre photographies de Yarbus est le visage avec une concentration des fixations sur les yeux. Ces observations corroborent le fait que l'on vise les éléments riches en informations sémantiques dans les images. Buswell propose une reproduction d'un circuit visuel en notant l'ordre des fixations, et nous pouvons constater que c'est le centre qui est visé en premier dans une photographie de statue, mais c'est alors une photographie qui est visée et non une statue.

4.1.2. Conceptions générales sur la particularité visuelle des statues.

Lorsqu'il est question des statues en histoire de l'art ou en esthétique, les auteurs mettent surtout en évidence la gageure du sculpteur à représenter le mouvement dans la pierre froide et figée, comme le soulignait magistralement Gombrich. Ainsi Montesquieu (1725) écrit dans une de ses *Pensées* (399) : « Le sculpteur, qui n'a aucune des ressources des peintres, qui n'est soutenu ni par le coloris, ni par la surprise que donne l'art de faire fuir et sortir les corps d'une surface plate, ni l'avantage d'une grande ordonnance, n'a que la ressource de mettre du feu et du mouvement dans ses ouvrages, en mettant ses figures dans de belles attitudes et leur donnant de beaux airs de tête. Ainsi, quand il a mis les proportions dans ses figures, que ses draperies sont belles, il n'a rien fait s'il ne les met pas en action, si la position est dure : car la sculpture est naturellement froide ». Montesquieu insiste ainsi

sur un aspect fondamental de l'art du sculpteur, l'art de mettre en action les corps de pierre, soulignant ainsi la dimension physique, musculaire des statues. Il écrit encore dans son *Essai sur le goût* p.25 (1757) : « il faut mettre du contraste dans les attitudes surtout dans les ouvrages de sculpture, qui, naturellement froide, ne peut mettre de feu que par la force du contraste et la situation. » Montesquieu définit donc la sculpture comme un art du contraste dans les poses et la représentation d'une action.

Les écrits philosophiques sur la sculpture sont rares, la sculpture étant l'art le moins théorisé par les philosophes (Larfouilloux, 2011). Hegel est le philosophe qui a le plus pensé la sculpture, il aimait cet art, il a cherché à en voir dans les musées, notamment au Louvre et dans les ateliers, et il lui fait donc une place dans son système idéaliste. Dans son *Esthétique* (1831), Hegel insiste sur la présence matérielle du volume, sur la spatialité de la statue, définie comme « la figuration organique de la matière dans sa totalité spatio-sensible », mais il pense surtout la sculpture à partir d'une idée particulière du beau. L'idée du beau propre à la sculpture est d'être une idée concrète, il ne s'agit pas pour le sculpteur de représenter une idée abstraite qui existerait préalablement et qu'il s'agirait de représenter comme dans un tableau. Le sculpteur de génie au contraire est celui qui parvient à exprimer une idée concrète, qui n'existe que par sa matérialisation, la sculpture serait donc l'art qui exprime l'union parfaite de la forme et du contenu.

Les philosophes ont donc surtout insisté sur la matérialité de la sculpture qui est davantage l'expression d'un mouvement, d'une action plutôt qu'une représentation illusionniste comme la peinture.

4.1.3. L'apport d'Arnheim pour penser la sculpture dans sa singularité.

Le théoricien de l'art Arnheim développe une conception originale sur la sculpture. Dans *The Power of the center* (1988), il commence par rappeler une évidence : la sculpture ne peut être envisagée que dans son rapport au sol avec lequel elle entretient une relation dynamique : il établit un parallèle avec l'art de la danse :

comme un danseur une statue représente un corps humain qui donne l'illusion de la victoire du corps humain sur la pesanteur, d'où le plaisir esthétique (p.24).

Arnheim applique à la sculpture sa théorie de l'art comme une représentation des deux tendances humaines l'une vers le recentrement, l'autre vers l'excentricité. Il considère le centre comme un pouvoir vectoriel et le socle, loin de couper la statue du sol comme on l'a vu pour le cadre d'un tableau, au contraire met en évidence cette annexion de la statue au sol. Il envisage ainsi la statue de manière originale comme devant être comprise comme ayant plusieurs centres irradiants. La statue est organisée autour de son propre centre mais son rapport au sol lui confère une dynamique. Cette dynamique avec le sol est davantage mise en évidence par la forme colonnaire qui est celle de la plupart des statues représentant des corps humains. La direction parallèle au sol d'une statue en position horizontale met moins selon Arnheim en évidence l'attraction vers le sol, c'est aussi le cas quand la masse est trop importante comme dans les *Œufs* de Brancusi qui semblent directement ramassés sur eux-mêmes, organisés autour d'un seul centre qui leur est propre, ce qui leur donne l'impression de flotter dans l'espace. Arnheim explique que certaines extrémités des statues notamment la tête mais aussi les objets tenus ou suspendus (comme la tête de Méduse dans la statue de Canova *Persée tenant la tête de Méduse*), servent à fermer l'œuvre mais aussi à étirer la figure à partir du centre conçu comme centre de gravité. Il pense alors les différents centres comme des vecteurs qui étirent les corps vers un autre centre ayant également un pouvoir d'attraction et de rayonnement. Il conçoit un centre principal, le milieu de l'œuvre, qui correspond au ventre dans les statues colonnaires et les « centres secondaires » que sont la tête, le socle, la poitrine, un objet tendu dans une main comme ayant un pouvoir d'attraction, qui crée la dynamique de la sculpture.

4.2. Une étude *in situ* sur des statues.

Le but général de notre étude sur les statues était de comparer la perception des statues avec la perception de tableaux de peinture dans un contexte de visite spontanée d'exposition. Nous n'avons pas trouvé d'expérience d'eye tracking *in situ*

réalisée sur des statues réelles. Les études sur des reproductions de statues ne montrent pas de différences si ce n'est que le regard se concentre quasi exclusivement sur la statue et qu'il ne vise pas l'arrière-plan (Buswell 1935), mais c'est un parcours oculomoteur sur. Une photographie qu'on étudie. Nous avons vu qu'un impact sur la posture et le sens de la verticalité devant les stèles monumentales de Richard Serra ont été montré par l'étude *in situ* de Zoi Kapoula. Nous nous demandons dans cette étude si la présence physique d'une statue peut moduler le comportement oculomoteur, notamment lors de la première saccade.

4.2.1. Stimuli et procédure.

Pour recueillir des données sur le comportement oculomoteur sur des statues et les comparer aux données sur un tableau, le patio situé sous la verrière du musée des Beaux-arts de Rouen semblait idéal. Dans ce patio, les visiteurs déambulent dans un espace tout à la fois de contemplation et de convivialité au milieu de huit belles statues en marbre ou en bronze du XIX^{ème} ou du XX^{ème} siècle, de trois tableaux grand format, de plantes vertes et d'un café restaurant. Faire des enregistrements dans ce patio permettait de recueillir des données sur des tableaux grand format, des statues et sur des personnes réelles.

Un intérêt particulier de ce patio : il abrite un tableau très grand format qui en est comme la mise en abyme, *Un Vendredi au Salon des Artistes français* de Jules Alexandre Grün, tableau de 1911 au cent personnages réunis sous les arcanes du Grand-Palais au milieu des statues et de la végétation qui rend hommage au Salon des Artistes et qui constitue un témoignage de la société de la Belle Époque. La présence de ce tableau permettait de comparer les saccades et les points de fixation sur des statues et des personnes réelles avec des statues et des personnages dans un tableau.

Cet espace est un intermède entre la première et la deuxième partie des expositions rouennaises. Comme nous l'avons expliqué dans l'introduction, les visiteurs portaient les lunettes dès l'entrée dans l'exposition, les enregistrements réalisés dans la première partie de l'exposition sur une cinquantaine de tableaux nous

ont servi pour les expériences 1 et 2, et également pour l'expérience 3 que nous présentons ci-dessous. Lorsque nous retrouvions les participants dans ce patio, les enregistrements continuaient et nous demandions de regarder les statues du patio, la végétation et les arcades, puis de « regarder la même chose » dans le tableau grand format de Grün.

L'expérimentation principale de cette étude a consisté à comparer la première visée sur les huit statues du patio avec la première visée sur les tableaux de la première partie de l'exposition.

4.2.2. Expérience 3 : comparer la première saccade sur un tableau et sur une statue.

L'étude 1 a montré une forte attirance pour le centre des tableaux lors de la première visée sur des tableaux de peinture dans un contexte muséal, cette attirance pour le centre s'observe-t-elle également sur des statues ?

Participants, stimuli et procédure.

Nous avons utilisé pour cette expérience les enregistrements des mouvements des yeux de 25 adultes, de 19 à 67 ans (13 hommes) sur 8 statues du XIX^{ème} siècle et du début du XX^{ème} siècle et sur les 20 premiers tableaux de l'exposition « Éblouissants reflets » regardés, et qui sont donc des tableaux qui se situaient dans les salles 1, 2 et 3 (ANNEXE 2). Ce sont des tableaux variés qui offraient une grande variété de composition, comme nous l'avons précisément détaillé dans l'étude 1 : un portrait, des paysages naturels, urbains ou industriels, certains au sujet principal centré, d'autres au sujet excentré, décalé ou encore traversant. Les statues exposées dans le « jardin des sculptures » du musée de Rouen sont elles aussi de style varié, et sont intéressantes du point de vue du dynamisme de leur composition. Des personnages en tension, voire en torsion comme l'indien Chactas sur la tombe d'Atala, ou l'ensemble *Orphée et la sirène* à la composition originale désaxée, en X, dans une mise en scène baroque, contrastent avec la composition frontale néoclassique de *l'Oreste réfugié à l'autel de Pallas* dans laquelle le personnage est à demi allongé ou

du monument funéraire représentant Géricault allongé par Etex. Deux personnages sont représentés assis, *Rachel* de Leroux et *La jeune fille aveuglée par l'amour* de Durocher : la pose de Rachel est assez statique, à l'inverse la légèreté de l'ange debout près de la jeune fille donne beaucoup de dynamisme à la sculpture de Durocher. Le musée expose également deux statues debout très différentes : une Diane qui rappelle les statues antiques, mais c'est un corps en action qui est représenté, toutes les lignes du corps accompagnent le mouvement des bras qui tendent un arc ; et une statue moderne de Bourdelle en bronze dans un pose inclinée originale. Les statues sont posées sur un socle qui les place à la hauteur du visiteur.

Les conditions expérimentales entre nos enregistrements dans l'exposition et dans le patio sont très proches : une visite libre et spontanée dans un ensemble d'œuvres avec pour seule consigne de regarder toutes les œuvres. La visite sous la verrière s'est faite sous une lumière naturelle alors que la visite dans les salles s'est déroulée dans l'obscurité, les tableaux étaient éclairés par une lumière artificielle.



Figure 4.1. Le jardin des sculptures sous la lumière naturelle de la verrière. ©Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie.

L'expérimentateur retrouvait les visiteurs sous cette verrière après la visite de la première partie de l'exposition. Les visiteurs arrivaient par la porte que l'on peut voir au fond à droite dans la photographie ci-dessus, à côté de la statue de Diane. L'expérimentateur leur demandait alors de visiter cet espace appelé « le jardin des sculptures », d'en faire le tour et de regarder chacune des huit statues. Les participants

commençaient généralement par regarder la *Diane chasseresse*, puis la statue de Bourdelle, *Rachel*, *Oreste*, *La jeune fille et l'amour*, *Chactas*, Géricault et terminaient par l'ensemble *Orphée et la sirène*.



Figure 4.2. Un participant regardant *La jeune fille et l'amour* de Durocher, dans le patio du musée avec l'eye tracker.

Les statues telles qu'elles ont été vues par les participants :



Simon Mansion, *Diane chasseresse*, 1817, marbre,



Antoine Bourdelle, *Le Fruit*, 1909, bronze.



Victor-Edmond Leharivel-Durocher, *La Jeune fille et l'amour*, 1871, marbre.



Frédéric-Etienne Leroux, *Rachel*, 1882, marbre.



Eugène Marioton, *Chactas*, 1888, marbre. Inspiré par la douleur de l'Indien sur la tombe d'Atala dans *Atala*, le roman de Chateaubriand.



Emmanuel Hannaux, *Orphée charmant la Sirène*, marbre et bronze, 1903.



Antoine Etex *Monument funéraire de Géricault*.
Marbre.

Pierre-Charles Simart : *Oreste réfugié à l'autel de Pallas* (statue exposée au Salon de 1840),
marbre.

Figure 4.3. Les huit statues de l'expérience 1, exposées dans le jardin des statues du musée des Beaux-Arts de Rouen. ©Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie.

Analyse des données

Nous avons encodé la première fixation sur les tableaux dans une matrice au tiers réalisée sous MATLAB, le rectangle central déterminant le centre marqué par une croix rouge. Pour comparer la première fixation sur une statue et sur un tableau, une matrice de 9 cellules, qui présente un centre plus large que la matrice de 25 cellules utilisée dans l'étude 1, nous a semblé plus appropriée.



Figure 4.4. La matrice au tiers sur laquelle nous avons reporté la première fixation avec la croix rouge qui marque le centre.

Pour encoder la première fixation sur les statues, nous avons reporté un point à l'endroit visé par la première saccade sur des photographies des statues. Nous avons considéré que le centre de la statue était, comme Arnheim l'a théorisé, le milieu de la statue, en général le ventre, et également ses centres secondaires que sont le socle, la poitrine, la tête, qui jouent un rôle d'attraction selon Arnheim. En revanche, contrairement à ce que suggère Arnheim, nous n'avons pas considéré comme le centre un objet excentré tenu par la main comme la lyre ou la tête de la sirène pour Orphée, le morceau de l'arc cassé pour Diane, le fruit dans la statue de Bourdelle. Nous avons également considéré comme le centre de la statue le drapé, les cuisses, les bras, les épaules, le dos, le bas de la tête.

Résultats

Les enregistrements montrent un comportement oculomoteur très différent sur les statues, comparé au comportement oculomoteur sur des tableaux lors de leur visée

par la première saccade. Les tableaux sont largement visés au centre par la première saccade : sur les 500 tableaux visés par l'ensemble des sujets – qui correspondent aux 20 premiers tableaux quadrillés au tiers chez 25 sujets -, 481 ont été visés au centre, ce qui correspond à 96,2 % soit une moyenne de 17,49 sur 20 tableaux chez l'ensemble des individus. Nous rappelons ici que nous avons choisi d'utiliser pour cette expérience une matrice avec moins de cellules que dans notre étude 1, ce qui explique un plus grand pourcentage au centre sur les mêmes tableaux, le centre étant plus large dans une matrice de 9 cellules que dans une matrice de 25 cellules.

Étant donné leur différence de nature, il est évidemment difficile de comparer les tableaux et les statues, mais les données sont probantes. La première saccade sur une statue vise rarement les zones que nous avons catégorisées comme le centre de la statue. Nous avons observé que la première visée sur une statue pointe au contraire une extrémité saillante de la statue, et plus précisément encore le contour de cette extrémité : haut de la tête, main excentrée, une lyre brandie en l'air, le bout des ailes de l'angelot, les pieds pour un personnage allongé, le genou pour un personnage assis, l'angle du socle. Ainsi, sur 200 (25 sujets / 8 statues) statues visées, seules 32 ont été visées par une première saccade au niveau du centre. Le ventre, la poitrine, la tête, le drapé, les cuisses, les bras, mais encore les épaules, le dos, représentent 16% sur l'ensemble des statues visées par les 25 adultes, contre 76,98% qui ont été visées au niveau d'une extrémité saillante. 7 % des visées correspondent à une visée d'un contour qui n'est pas une extrémité saillante.

Nous ne relevons pas de différences interindividuelles notables dans ces premières saccades sur les statues.

Voici des exemples extraits de nos enregistrements qui illustrent que la première saccade vise le contour d'une extrémité saillante de la statue.

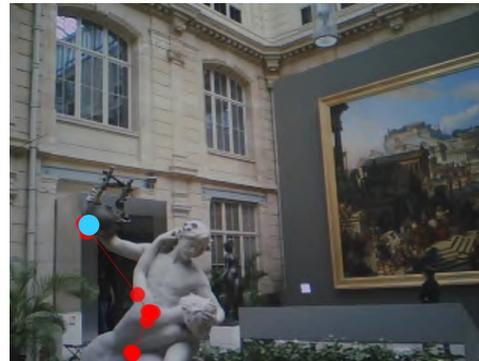
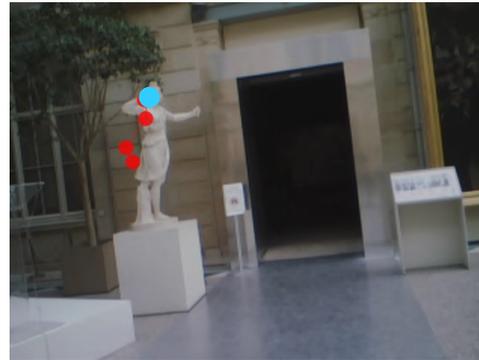
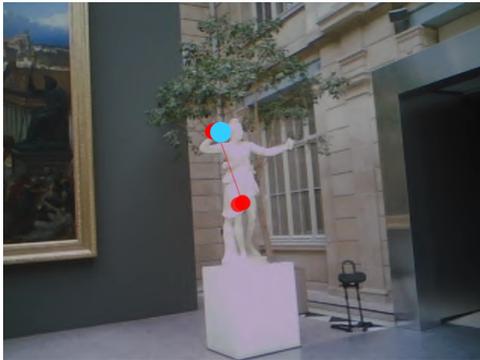
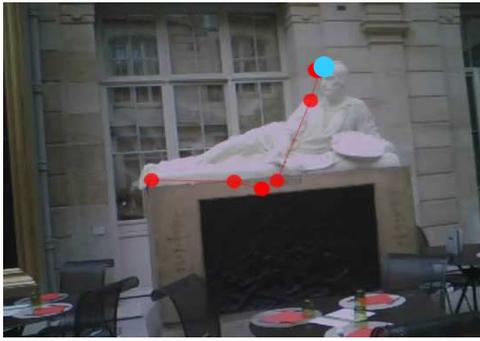


Figure 4.5. Exemples de première fixation sur une extrémité saillante. La première fixation apparaît en bleu.



Ces exemples parmi nos enregistrements illustrent que la première saccade sur une statue vise la pointe d'une extrémité : le front de Géricault, la main d'Orphée

soutenant la tête de la sirène, l'extrémité de la lyre, la main de Diane, la main d'Oreste, la pointe des ailes de l'ange.

Discussion

Nos résultats montrent que le point d'accroche de la première saccade sur une statue est une extrémité physiologique ou l'extrémité d'un objet tendu, et même la pointe de cette extrémité : que ce soit le bout des ailes de l'ange, la pointe des pieds, les doigts, le sommet de la tête pour les extrémités physiologiques ; l'extrémité de la croix de Chactas, de la lyre d'Orphée, de l'arc de Diane, la pomme, pour les objets. A quoi correspondent ces extrémités ?

Ce sont des régions rendues saillantes par la composition puisqu'elles se détachent visuellement de la composition. D'un point de vue gestaltiste, c'est une forme qui se détache d'un fond. Ce fond, lorsqu'on regarde une statue, c'est la réalité, un mur réellement en profondeur. Et cette forme de la statue est un volume concret dont nous avons vu qu'il avait une unité et qu'il émergeait dans le vide du réel, contrairement aux formes agencées les unes par rapport aux autres dans un tableau.

Il nous semble intéressant de noter aussi que les extrémités de cette forme de la statue correspondent aux extrémités de l'œuvre, à ses limites, à ce qui en signifie la fin, le terme, ce qui la délimite comme œuvre. Si tout art se signale comme une mise en spectacle, ne peut-on pas envisager que ces extrémités des sculptures aient un rôle visuel particulier pour signaler l'artefact et la représentation, voire la théâtralité ? Ces extrémités des sculptures ne pourraient-elles pas avoir la même fonction que celle que nous avons donnée au cadre ? Nous avons vu en effet que le cadre était souvent visé lors d'une exploration visuelle d'un tableau, et nous avons postulé que si nous visons le centre d'un tableau, c'est en réalité que nous visons le centre d'un cadre, et que cette visée du centre avait à voir avec notre verticalité, notre bipédie, que cette visée au centre nous permettait un point d'ancrage, une façon de nous positionner physiquement, peut-être d'un point de vue posturologique. Dans nos enregistrements, le centre de la statue était toujours visé à un moment de l'exploration et souvent plusieurs fois, nous avons pu aussi constater des *patterns* saccadiques qui allaient du

centre à l'une des extrémités, puis d'une extrémité à une autre, comme pour en éprouver le volume. Mais comme nous l'avons quantifié, le centre a été peu visé lors de la première saccade. Nous postulons que viser en premier une extrémité permet de repérer directement ce qui délimite la statue, ce qui la signale comme représentation. Cette première saccade est une façon de nous positionner en tant que spectateur face à l'œuvre en volume. Nous postulons qu'une statue dans un cadre ou dans un groupe ne serait pas visée aussi fréquemment sur ces extrémités. Cela dit, ce cadre ou cet ensemble ne feraient sans doute qu'atténuer sans l'annuler la forte impression de volume que produit le corps de pierre face à nous. Il nous semble que la sculpture conserverait son indépendance. La sculpture possède cette particularité d'exister dans un espace mais il nous semble qu'elle ne s'intègre pas réellement dans un espace, comme on peut le constater pour les statues posées dans les niches architecturales des chapelles, ou dans les bas-reliefs. Cette prégnance des extrémités lors de la première saccade est certainement inhérente à notre rapport oculomoteur face à une sculpture, cette première saccade signe ce rapport très particulier à l'œuvre sculptée.

Une statue n'est pas seulement une œuvre en volume. La spécificité de cet art est aussi d'exprimer un mouvement. Comment les sculpteurs appréhendent-ils ces extrémités dans leurs œuvres ? Nous avons interrogé une sculpteuse qui nous a rapporté toujours penser le volume dans ses limites, les extrémités représentant pour elle l'acmé de son geste et les limites de l'espace occupé. Elle nous rapporte que l'acmé, la finalisation de son geste correspond aussi à l'acmé du geste de la statue, l'aboutissement d'un mouvement. Les extrémités joueraient donc un rôle particulier dans le geste créateur, elles ont été pensées, elles précèdent et président le geste de la création, elles orchestrent le déploiement de l'œuvre dans l'espace. Ainsi, pour le sculpteur, les extrémités seraient un peu la clé de voûte de l'œuvre. Que le spectateur vise en premier cette extrémité témoignerait donc d'une compréhension de la dynamique de la statue. Ces extrémités pourraient alors fonctionner comme une porte d'entrée visuelle dans l'œuvre, qui rappelle ce que nous avons défini pour le centre du motif principal dans les tableaux impressionnistes, particulièrement visé par les experts, et qui représente le point d'entrée idéal car c'est le point par rapport auquel a été composé tout le tableau.

Puisque l'art de la statuaire est un art du mouvement, que représentent ces extrémités dans la dynamique particulière exprimée par le corps en tension ? La statue représente les muscles en tension, la force du corps, sa victoire sur la pesanteur. Le geste est soutenu par les muscles agonistiques, l'extrémité d'une main, l'objet qu'elle porte en est l'extension tout autant que l'exhibition. Ainsi, les extrémités exhibent tout à la fois le mouvement et les limites de l'œuvre, elles correspondent au déploiement d'une gestuelle et de l'œuvre. Pouvons-nous aller jusqu'à postuler que l'œil vise une extrémité parce que nous avons une compréhension immédiate du mouvement de la statue ? Il est assez séduisant de constater que l'œil vise le point suprême où se réalise ce défi physiologique et physique, ce qui manifesterait une compréhension de l'idée concrète comme l'exprimait Hegel propre à chaque statue, de l'union parfaite de l'idée et de la forme dès le premier coup d'œil. Rien ne peut nous le prouver. Par contre, nous pouvons avancer que le sculpteur est parvenu à mettre en valeur l'apogée du mouvement dans cette zone qui correspond au sommet de la dynamique de l'œuvre, puisque c'est cet endroit que l'œil vise en premier. Il nous semble que pour les statues, contrairement à nos développements sur les tableaux, une interprétation de la première saccade par la saillance et l'effet « pop out » est la plus plausible.

Un autre argument en faveur de l'interprétation par la saillance est l'absence de différence entre les groupes. Nous n'avons pas constaté d'effet de groupe dans cette visée vers l'extrémité de la statue. Il semble que les connaissances en art et l'habitude de voir des statues dans les musées ne module pas la prégnance des extrémités. Cette observation irait-elle dans le sens de la tradition des *paragones* au XVI^{ème} siècle qui considérait que la sculpture sollicitait moins l'intellect que la peinture ? Plus encore, nous avons observé cette visée sur l'extrémité des statues chez les enfants de 8-10 ans et aussi chez les enfants de 5 ans. Cette absence de différences entre les groupes nous incite à considérer la première saccade sur des statues comme une saccade davantage conditionnée par la saillance. Mais comment caractériser cette saillance ? Est-ce une saillance liée au volume, à l'expression particulière d'un mouvement dans une pose, ou encore à un rapport oculomoteur propre à la statuaire ?

Pour tester quel est le facteur qui détermine cette visée de la première saccade, nous avons voulu savoir d'une part comment se comportait la première saccade face

à des corps réels, mouvants qui étaient ceux des autres visiteurs croisés dans le patio. Et d'autre part, puisque nous venons d'observer deux comportements oculomoteurs radicalement différents entre la première saccade sur des tableaux et la première saccade sur des statues, nous avons voulu savoir comment se comporterait la première saccade sur la représentation d'une statue dans un tableau.

4.2.3. Expérience 4 : La première saccade sur une statue réelle comparée à la première saccade sur une personne réelle et à la première saccade sur une statue dans un tableau.

Pour comprendre ce qui est spécifique à la première visée sur une statue, nous l'avons comparée après la première visée sur une statue dans un tableau. Le tableau très grand format (362 x 617 cm) de Jules-Alexandre Grün, exposé dans le patio aux côtés des statues réelles nous a permis cette comparaison. Nous l'avons également comparée à la première saccade sur des personnes réelles croisées dans le patio.



Figure 4.6. *Un Vendredi au Salon des Artistes français* de Jules-Alexandre Grün, 1911, huile sur toile, ©Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie.

Sujets

25 sujets adultes (13 hommes), 4 enfants de 8 à 10 ans (1 fille) et 4 enfants de 5 ans (4 filles).

Stimuli

8 statues du XIXème exposés dans le patio, les 3 statues du tableau de Grün exprimant un mouvement, 4 personnes réelles croisées dans le patio.



Figure 4.7. Les trois statues dans le tableau de Grün retenues pour l'étude.

Analyse des données

Nous avons encodé la zone visée lors de la première saccade sur les trois statues du tableau de Grün : le centre, une extrémité ou une autre zone. Nous avons relevé où visaient les sujets lorsque leur regard se posait sur les quatre premières personnes rencontrées dans le patio : sur une extrémité, le milieu du corps, ou le visage. Et nous avons comparé ces données avec le nombre de saccades se posant sur les extrémités des huit statues.



Figure 4.8. Exemples de première fixation (en bleu) sur les statues du tableau.

Résultats

Contrairement à ce que nous avons observé dans notre analyse de la première saccade sur les statues dans le patio, on observe une tendance à viser lors de la première saccade sur des statues dans un tableau leur centre : leur ventre, le drapé, la poitrine, qui correspondent à des zones qui sont visées dans une statue ; mais qui le sont peu lors de la première saccade, comme nous l'avons vu dans la première expérience de l'étude. Sur les statues dans le tableau, la médiane des visées sur les extrémités pour les 25 adultes est 7 alors qu'elle est de 19 sur une statue réelle. La tendance à viser une statue réelle dans la réalité est donc bien supérieure aux visées de la première saccade sur une statue peinte, même si cette médiane de 7 est significative.

Lorsque nos sujets ont croisé une personne réelle, ils ont eu tendance à viser le milieu de leur corps en premier : le ventre, le dos, ou la poitrine. Certains ont visé en premier le visage, mais très rarement une extrémité de ce corps vivant en mouvement devant eux. Aucun enfant n'a visé une extrémité, une médiane de 2 s'observe pour les 25 adultes, alors que la médiane était de 19 sur les statues. Le comportement oculomoteur de la première saccade est donc très différent sur une personne réelle de celui observé sur une statue.

Le test de Kruskal-Wallis révèle un effet de catégorie significatif pour chaque groupe de sujets (pour les adultes, H value 11, 6962 ; p-value 0,002 ; pour l'ensemble des enfants H value 8,68707 p-value 0,013) ce qui montre que nos catégories sont efficaces, et cela même pour les enfants de 5 ans (H value 14, 78353 ; p-value 0,002).

Nous avons donc réalisé le test U de Mann-Whitney pour comparer chaque catégorie pour chaque groupe de sujets. Nous observons une différence significative pour tous les groupes entre la visée sur des statues (catégorie 1) et la visée sur des personnes réelles (catégorie 3). Rappelons qu'aucun enfant n'a visé une extrémité sur une personne réelle. Le test montre que les résultats statistiques sont aussi significatifs pour les enfants que pour les adultes entre la catégorie 1 et la catégorie 3 (Z value 2,417465 ; p-value 0,006579). Nous pouvons donc nous appuyer sur des données probantes pour tous les groupes entre la première saccade sur une statue et une personne réelle et nous pouvons donc affirmer que le comportement oculomoteur est très différent, la première saccade visant très rarement chez les adultes et jamais chez les enfants de notre étude une extrémité lorsque le regard croise une personne réelle. Cela montre un comportement visuel particulier lorsqu'on on vise une statue et que cette visée sur les extrémités n'est pas réductible à une explication par le volume.

Le test U de Mann-Whitney montre également une différence significative chez les adultes entre la catégorie 1 (sur les statues) et la catégorie 2 (sur les statues dans le tableau) : Z value 2,44949 ; p-value 0,014306. Cela montre que la différence que nous avons quantifiée entre la première saccade qui vise une extrémité sur une statue réelle et qui vise peu les extrémités d'une statue peinte dans un tableau pour nos 25 sujets adultes est très significative. En revanche, la différence n'est pas significative chez les enfants. La médiane de 4 sur 8 enfants montre cela dit une forte tendance à viser une extrémité dans une statue chez les enfants.

Discussion

Comment expliquer deux comportements oculomoteurs si différents sur une statue réelle et une statue représentée ? Nous avons vu qu'une statue s'offre au regard dans

une matérialité très différente de celle d'un tableau qui vise l'illusionnisme et la représentation, alors que la sculpture est un art de l'expression. La gageure du sculpteur est d'exprimer la vie dans la pierre en trouvant une pose dynamique et contrastée dans laquelle s'équilibrent les forces. Son défi est à la fois d'ordre physiologique puisqu'il s'agit de trouver une pose saisissante qui défie la gravité, et physique puisqu'il doit réaliser le mouvement dans la pierre. Les huit statues exposées dans le patio étaient, comme toutes les statues esthétiquement intéressantes, de bons exemples de ce défi à la gravité et à la rigidité. Mais les trois statues du tableau de Grün que nous avons choisies pour l'étude offraient elles aussi de beaux mouvements théâtraux, que l'on peut juger plus dynamiques que la statue assise de Rachel, ou que *Le Fruit* de Bourdelle, parmi nos statues réelles. La pose et l'expression du mouvement ne peuvent donc être convoquées pour expliquer pourquoi l'on vise l'extrémité d'une statue réelle et le centre d'une statue représentée dans un tableau.

Par ailleurs, le fait que l'on vise également peu l'extrémité d'une personne réelle en mouvement ne permet pas de convoquer une explication par la perception précoce du mouvement dans une statue ou encore une explication qui s'appuierait sur le fait que le corps s'offre à voir en trois dimensions.

Qu'y a-t-il donc de particulier dans la perception d'une statue réelle qui oriente le regard vers une extrémité ? Peut-être que Rodin peut nous aider à le comprendre. Celui-ci apporte en effet la leçon de sculpture qu'il a reçue de Benjamin Constant alors que jeune sculpteur, il partageait le même atelier. Benjamin Constant lui a expliqué que dans une sculpture, aucune forme ne doit être perçue comme étendue mais toujours en profondeur et que pour cela, toutes les surfaces devaient être comprises comme des extrémités d'un volume, comme des pointes (Wittkower 1977). Rodin, à la suite de Benjamin Constant et des sculpteurs du XIX^{ème} siècle, appelait l'art de la sculpture « la science du modelé ». L'analyse de la première saccade sur des statues, si différente de celle sur un tableau, nous montre que pour le regard, la sculpture est l'art des extrémités, et que tout le génie du sculpteur est d'attirer notre regard sur l'extrémité principale, la pointe extrême qui représente l'apogée du mouvement exprimé. Ainsi, lorsque nous visons cette extrémité, ce n'est pas tant le mouvement lui-même, un volume, une pose, qu'une zone saillante mise en valeur par le sculpteur pour attirer notre regard sur le point extrême qui exprime le mouvement de manière la

plus signifiante car il en constitue l'acmé, le point suprême. Et cette zone excentrée attire d'autant plus notre regard qu'elle correspond à la limite de la représentation avec le réel. Ce point suprême représente le double avantage de repérer les bornes de la représentation et de nous permettre de saisir du premier coup d'œil l'intérêt esthétique de l'expression du mouvement de la statue.

Le fait que nous n'ayons pas trouvé de différence entre les groupes d'adultes de différents niveaux de fréquentation des musées (expérience 1) et que les enfants visent également cette extrémité, et notamment les enfants de 5 ans, montre que ce comportement oculomoteur qui consiste à être attiré par une extrémité dans une statue constitue une caractéristique du comportement oculomoteur face à une statue, et qu'être attiré par la zone la plus signifiante qui exprime le mieux le mouvement semble relever davantage de la saillance que d'un apprentissage.

4.2.4.L'exploration d'un tableau et d'une statue.

L'exposition sur les reflets s'ouvrait sur un tableau et une statue (Figure 4,9) représentant, dans des proportions proches et dans une pose similaire, le personnage mythologique Narcisse, entouré des motifs qui accompagnent traditionnellement sa représentation : l'eau, les rochers, la plante en laquelle il se transformera, son carquois. Les enregistrements sur ces deux représentations de Narcisse ont permis d'offrir d'autres données comparatives sur la perception des tableaux en deux dimensions et la perception des volumes des statues. La statue s'offrait au regard à la même hauteur que le personnage dans le tableau, et dans un format équivalent. Les deux œuvres étaient situées l'une à côté de l'autre dans la première salle de l'exposition.



Nicolas-Bernard Lépicié, *Narcisse*, 1771, huile sur toile, hauteur : 113 cm ; largeur : 146 cm, musée Antoine Lécuyer, Saint Quentin.



Eugène-Ernest Hiolle, *Narcisse*, 1868, marbre, hauteur : 0,87 m, largeur : 160 cm, profondeur : 0,64 cm, Musée des Beaux-Arts de Valenciennes.

Figure 4.9. La statue et le tableau exposés l'un à côté de l'autre sur le personnage de Narcisse.

Nous avons analysé les enregistrements du parcours oculaire chez 9 sujets (6 sujets novices, 3 sujets experts) sur ce tableau et sur cette statue.

Nous avons observé sur la statue des saccades de plus grande amplitude et moins de microsaccades. L'œil sur la statue vise essentiellement ses contours, il passe d'une partie du corps à une autre en s'attardant peu sur la zone fixée, on observe peu de microsaccades, mais l'œil peut revenir plusieurs fois sur une zone. Ces observations confirment notre étude sur la première saccade, la manière d'explorer une statue permet d'en dessiner du regard les contours, les volumes.

L'exploration est donc très différente de celle d'un tableau. Sur le tableau *Narcisse*, le regard parcourt le corps et l'environnement naturel par des saccades de petites amplitudes, en fixant par des microsaccades sur certaines zones notamment le visage. On observe donc davantage de microsaccades.

Le temps imparti pour une thèse ne nous a pas laissé l'occasion de quantifier nos observations. Nous avons néanmoins choisi d'en témoigner, car elles nous semblent ouvrir des pistes de recherche. Nous mettrons en ligne, sur le site internet dédié à nos enregistrements, des vidéos sur ces deux œuvres qui témoigneront de nos observations.

Exemples d'enregistrements sur le parcours oculaire d'un participant sur le tableau et sur la statue :







Figure 4.10. Exemples d'exploration sur la statue.

Ces *gaze plots* nous montrent que tout se passe comme si notre œil redessinaient les contours d'une statue pour l'explorer. L'œil embrasse littéralement du regard la statue en sautant d'une extrémité à une autre, d'un contour à un contour opposé, comme pour en appréhender le volume, pour en mémoriser les formes.

Ce parcours oculaire sur la statue est en correspondance avec la première saccade qui vise une extrémité saillante. Cette première saccade semble donc initier un comportement oculomoteur spécifique aux statues qui consiste à en parcourir les contours. Comme ce que nous avons observé pour les tableaux de peinture, nous observons que la première saccade appartient déjà à une stratégie exploratoire qui est déterminé par la plasticité de l'œuvre d'art, caractérisée par le volume pour la sculpture.

5. Mouvements des yeux et illusions de mouvement et de profondeur.

Je propose ici une étude subsidiaire, qui n'a pas directement de lien avec l'étude de la première saccade, mais qui a trait à la notion de stratégie exploratoire que nous avons tenté de défendre.

Au visionnage des enregistrements des mouvements des yeux sur les tableaux, la différence d'exploration entre les experts et les novices saute aux yeux. Nous projetons de créer un site internet pour en mettre en ligne des vidéos afin que chacun puisse le constater. Les novices posent leurs yeux sur peu de zones dans le tableau et leur exploration semble anarchique, ils regardent généralement moins longtemps le tableau. Au contraire, les saccades des experts tendent à explorer toute l'œuvre et à suivre un parcours cohérent et méthodique qui construit le sens du tableau, ils fixent longuement par des microsaccades des endroits précis. Ces observations sur des enregistrements *in situ* confirment les analyses des études sur écran qui ont observé depuis longtemps une exploration plus globale du tableau chez les experts alors que les novices en art se concentrent sur les éléments figuratifs principaux et toujours les mêmes (Nodine 1987, Locher 1996).

Pour explorer de manière plus globale, les experts font des saccades de grande amplitude à l'intérieur de l'œuvre, alors que chez les novices le peu de saccades de grande amplitude correspondent essentiellement à des saillies hors de l'œuvre. Nos observations sur les enregistrements réalisés *in situ* rejoignent les observations de Nodine (1993) et Zangemeister (1995) qui ont observé des mouvements oculaires de plus grande amplitude chez les experts en art pour leur permettre de fixer les points capitaux de la construction spatiale. Nous avons comparé la taille des saccades de 5 novices et de 3 experts durant l'exploration complète du tableau *Narcisse*. La différence significative concerne les saccades de grande amplitude : pour des temps d'exposition allant de 17 secondes à 1 minute et 5 secondes chez les cinq sujets novices et de 6 secondes, 24 secondes et 47 secondes chez les trois sujets experts, on ne dénombre qu'une ou deux grandes saccades à l'intérieur du tableau quand les sujets novices, alors qu'on en dénombre respectivement 3, 11 et 22 chez les sujets experts pour des temps d'exposition plus courts. Les experts semblent avoir pour but à la fois d'embrasser toute la toile du regard et de scruter de petits détails. Leur plaisir esthétique n'est pas le même, ils rapportent aussi percevoir un mouvement ou une profondeur, comme si leur manière d'explorer la toile leur permettait de s'illusionner.

Contempler un tableau de peinture, c'est toujours choisir de succomber à un leurre, celui de la représentation. Nous savons que le tableau est un objet immobile en deux dimensions et pourtant nous nous figurons que ces tâches de peinture ont la forme

d'objets réels. Mais pour certains tableaux et chez certaines personnes, l'illusion va plus loin et ces personnes rapportent parfois percevoir du mouvement ou de la profondeur. Le peintre a usé de certaines techniques, dont Gombrich a retracé l'histoire et qu'il appelle « illusionnistes », comme nous l'avons rappelé dans la partie introductive. Certes, le peintre est habile et il parvient à créer un leurre. Mais l'illusion ne fonctionne pas sur tout le monde, c'est une illusion particulière qui ne fonctionne que si le sujet décide en quelque sorte de faire fonctionner l'illusion, c'est-à-dire de susciter en lui une illusion grâce au dispositif miroitant mis à disposition par le peintre, d'être l'acteur, le moteur de son illusion. Nous allons montrer dans cette partie que ce puissant moteur de l'illusion, c'est la motricité visuelle.

Les conférenciers de l'exposition « Éblouissants reflets », dont le titre était une invitation à venir s'illusionner, nous embarquaient dans une histoire de l'illusion à travers l'illusionniste Monet, ils nous contaient l'histoire d'une plongée dans les paysages par l'abandon progressif de la ligne d'horizon, de la ligne de fuite, puis de toute perspective jusqu'à créer des tableaux « plats », afocaux, qui nous donnent l'impression d'être si proches, de toucher nos yeux, de miroiter sur notre rétine : l'exposition se terminait naturellement avec les nymphéas. Ces conférenciers nous ont rapporté avoir été étonnés d'une question récurrente des visiteurs qui ne comprenaient pas en quoi les tableaux de Monet devenaient plus « plats », question qui montraient que pour eux, les tableaux de la jeunesse n'avaient jamais eu de profondeur.

Le mouvement, la profondeur, le miroitement des reflets ne sont pas perçus par les personnes peu habituées à s'illusionner devant des tableaux de peinture. Le mouvement, la profondeur, les reflets n'existent pas en tant que tels, mais pas plus que n'existent la barque, la voile, le ciel, la mer qui ne sont que des aplats ou des empâtements de peinture, toutefois les objets sont identifiables spontanément par le cerveau, ce qui n'est pas le cas pour le mouvement ou la profondeur. Les témoignages des conférenciers rejoignent les réponses à notre questionnaire : alors que pour certaines personnes, l'impression de mouvement et de profondeur est une perception évidente, pour beaucoup ces impressions n'existent pas. Lorsqu'on évoque la possibilité de telles impressions, certains en viennent à les ressentir, tandis que d'autres restent hermétiques.

Quelle que soit l'habileté illusionniste du peintre, la perception du mouvement et de la profondeur nous est propre. Comment fonctionne cette illusion ? Si elle n'obéit pas à des mécanismes visuels objectifs, comment parvenons-nous à nous leurrer nous-même ? Nous formulons ici l'hypothèse que les mouvements de nos yeux contribuent à générer l'illusion.

5.1. Ce que nous apprennent les études expérimentales sur notre perception objective du mouvement dans les œuvres.

Plusieurs études expérimentales ont montré un lien entre la perception d'une œuvre d'art et les aires du cerveau impliquées dans la motricité. Comme nous l'avons vu dans la partie introductive, plusieurs études de neuroesthétique ont montré une activation du cortex moteur lié à un jugement positif ou négatif sur l'œuvre. D'autres études ont montré une activation du cortex moteur lorsqu'on regarde un spectacle de danse (Calvo-Merino et al., 2008 ; Cross et al., 2011). Il est intéressant de noter que ces études montrent également un impact sur le système sensorimoteur humain conformément aux théories de la connaissance incarnée. Par exemple, les zones occipito-temporelles et pariétales importantes pour l'observation des actions ainsi que du cortex sensorimoteur sont particulièrement activées lors de l'observation des mouvements de danse esthétique mais aussi face à certaines peintures représentant un mouvement. Ces études observent également une réaction physiologique sur le contrôle postural.

Dans le cortex visuel, l'aire cérébrale sensible au mouvement MT serait plus activée lorsqu'on observe des peintures abstraites avec un mouvement implicite que lorsqu'on observe des peintures abstraites avec peu d'impression de mouvement, mais seulement chez les observateurs ayant une expérience antérieure de ces types de peintures (Kim et Blake, 2007).

Au niveau oculomoteur, l'expérience de Zoï Kapoula sur *Study of a dog* de Bacon (2006) a montré une différence dans la perception du mouvement et de la perception de l'espace entre les experts et les novices, différence qui était corrélée à des différences d'exploration oculaire sur la toile dans cette expérience *in situ*.

Et si c'étaient les mouvements des yeux, cette expérience motrice de chaque instant qui jouait un rôle dans la perception du mouvement et de la profondeur ? Si c'était les yeux du spectateur qui dessinaient le mouvement et la profondeur ? Au visionnage des enregistrements des mouvements des yeux des experts, nous avons observé que les saccades oculaires s'orientent d'une certaine manière, convergent pour fixer certaines zones précises du tableau. Cette observation nous a donné l'idée de comparer plus précisément ces explorations particulières des experts avec celles de novices sur des tableaux illusionnistes.

5.2. Expérience 5.

Méthode

J'ai confronté les données objectives des enregistrements avec le questionnaire (ANNEXE 1) qui m'a informée sur la perception subjective de l'illusion de mouvement et de profondeur dans certains tableaux. Après avoir complété le questionnaire avec le participant, je suis retournée dans l'exposition regarder deux tableaux illusionnistes de Monet, *Champ de tulipes en Hollande* qui suscite une illusion de mouvement et *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam*, qui peut susciter une illusion de volume. J'ai demandé au participant de me parler de chacun de ces tableaux, j'ai laissé librement les sujets novices, amateurs, et experts s'exprimer sur ces tableaux pour tester s'ils évoquaient spontanément le mouvement ou la profondeur. Lorsqu'ils ne l'évoquaient pas spontanément, j'ai orienté mes questions et leur regard pour le leur faire découvrir.



Figure 5.1. Deux tableaux illusionnistes de Monet, *Champ de tulipes en Hollande*, qui suscite une illusion de mouvement et *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam*, qui suscite une illusion de volume.

Les participants experts, amateurs et novices sont les mêmes que pour l'expérience 1 : 10 experts, 10 amateurs et 10 novices.

Résultats

Lorsqu'on les place devant ces deux tableaux, les dix experts évoquent spontanément le mouvement dans le tableau *Champ de tulipes en Hollande* et la profondeur dans *Maisons au bord de La Zaan, à Zaandam*. Voici leurs remarques qui ont été enregistrées dans le micro de l'eye tracker.

Pour le tableau *Champ de tulipes*, ils évoquent en première remarque ou dans un second temps après une remarque sur les couleurs, « une vibration subtile de l'air », « le souffle du vent et de l'eau », « une journée de grand vent », « un mouvement dynamique créé par des coups de pinceau visibles », « par le relief, la touche » ou « l'empâtement ». Plusieurs évoquent une incohérence dans la direction du mouvement, certains traits suggérant un mouvement de gauche à droite alors que d'autres traits en sens inverse suggèrent un mouvement de droite à gauche, ce qui crée une impression de tourbillonnement.

Face au tableau *Maisons au bord de la Zaan à Zaandam*, les sujets experts évoquent spontanément le volume des maisons, soulignant que ce volume n'est pas habituel chez Monet, que ce volume est constitué par un travail sur les reflets, par un travail sur des contrastes entre des couleurs douces et claires le rose, le vert pomme et des couleurs foncées. Les experts ont relevé « une difformité de la façade », « une forme biscornue », « qui défie les lois de la perspective » et que le volume est plus perceptible dès lors qu'on s'éloigne, comme nous y invitait le dispositif muséographique (figure 1.5, dans 1.3. Méthodologie générale).

Pour les autres groupes de participants, le mouvement et le volume sont rarement évoqués spontanément. Sur les dix amateurs, quatre évoquent spontanément le mouvement, et six évoquent spontanément le volume. Trois disent percevoir le mouvement lorsqu'on l'évoque, et trois ne le perçoivent pas. Les quatre participants qui n'avaient pas ressenti l'illusion de volume disent la percevoir lorsqu'on la leur évoque.

Un seul novice évoque spontanément le mouvement, et aucun n'évoque spontanément le volume. Sur les neuf novices, aucun n'a perçu le mouvement quand on l'a évoqué, en revanche quatre sont parvenus à se mettre en condition de percevoir

le volume lorsque je leur demande de fixer la façade et de s'éloigner. Un enfant de 8 ans a évoqué spontanément le mouvement et la profondeur. Au passage je signale que pour le tableau *Canotiers ramenant sa périssoire*, les neuf enfants ont dit percevoir la profondeur, les enfants de 5 ans et certains enfants de 8 ans ont interprété les tâches figurant des reflets comme des algues sous l'eau, la même interprétation a pu être faite pour *La Barque* de Monet, cela montre donc qu'une peinture peut créer un fort effet de profondeur chez les enfants de 5 ans ou de 8 ans. Le fait qu'un seul des 9 enfants ait perçu la profondeur dans *Maisons au bord de la Zaan* est donc à relativiser. A noter au passage également que les reflets dans les tableaux exposés ont été très mal interprétés par les enfants jusqu'à 10 ans : ils les ont interprétés comme des tâches au fond ou au-dessus de l'objet : ainsi dans *Canotier ramenant sa périssoire*, des tâches de peinture sur le vêtement du personnage ou au fond de la barque, des fleurs sur le ponton, ou au fond de la barque.

Nous avons repéré dans les enregistrements des *patterns* particuliers chez les experts et les amateurs qui avaient dit percevoir le mouvement et le volume, *patterns* que nous n'avons pas observés chez les personnes qui ont rapporté *a posteriori* ne pas percevoir le mouvement et la profondeur.

Pour le tableau *Champ de tulipes*, on observe une tendance, chez les sujets qui ont dit percevoir le mouvement, à suivre les traits de pinceau qui étaient particulièrement visibles lorsqu'on avait la toile réelle sous les yeux. Nous avançons que c'étaient les traits de pinceau qu'ils voyaient sans pour autant penser au geste du peintre sur la toile. Une question dans notre questionnaire portait sur les gestes du peintre et nous l'avons posée également en présence de la toile, les participants nous ont dit ne pas penser au geste du peintre lorsqu'ils perçoivent et qu'ils identifient un trait de pinceau. Il semble que pour eux, les traits de pinceau et le geste du peintre soient dissociés. Une interprétation devenue courante (Pignocchi, 2012, Pelletier dans Morizot, 2014) sur le plaisir esthétique l'associe aux représentations des intentions de l'artiste et aux neurones miroir. Il nous semble que les neurones miroir ne peuvent pas être convoqués pour expliquer la perception du mouvement puisque les participants de notre expérience rapportent ne pas penser aux gestes du peintre quand ils disent prendre du plaisir à regarder la « touche », les traits de pinceau qu'ils identifient comme du mouvement. Les *patterns* observés pour ce tableau sont des allers et retours sur le moulin et l'environnement qui l'entoure, représenté comme en

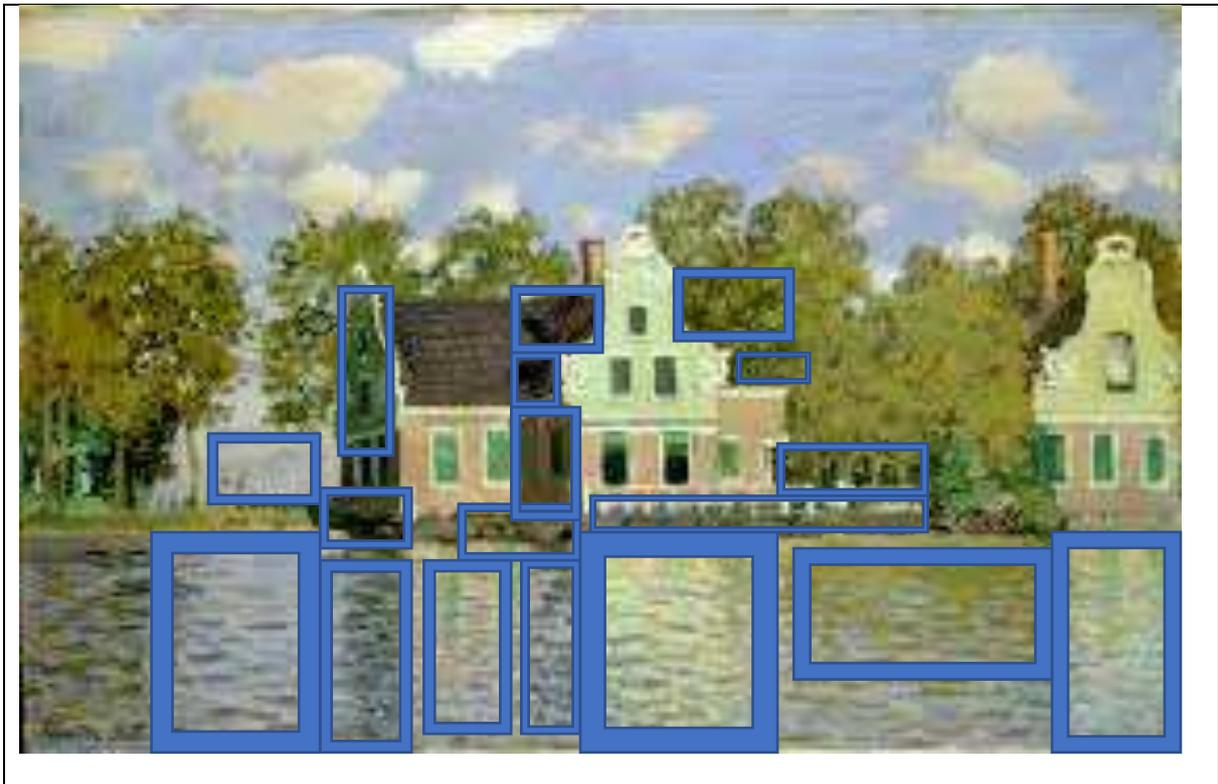
mouvement. Ainsi, des saccades de grande amplitude partent du moulin qui représente une forme fixe et verticale et l'environnement qui l'entoure qui est représenté en mouvement par des traits de pinceau ou des tâches et des mélanges de couleur inclinées qui créent une impression de vision floue : le ciel, le champ de tulipes, et la rivière. Les mouvements des yeux sont souvent, chez ces personnes rapportant avoir perçu le mouvement, de grandes saccades rapides qui pouvaient être dans le sens des traits laissés par le pinceau sur la toile.

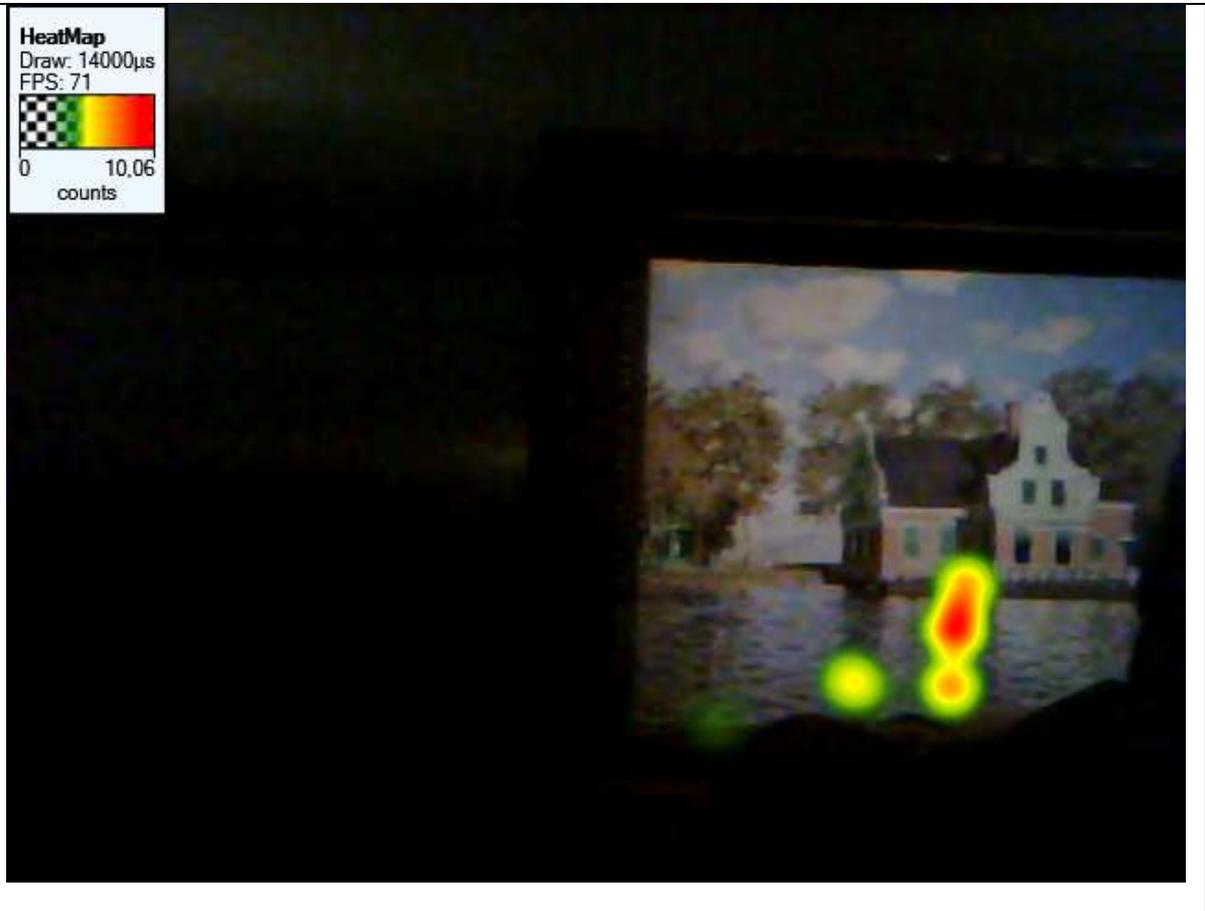


Figure 5.2. Un exemple de parcours oculaire qui part du moulin et qui suit la direction des traits de pinceau.

Pour *Maisons au bord de la Zaan*, à *Zaandam*, les *patterns* repérés sont des fixations avec microsaccades à des endroits non explorés par les personnes rapportant ne pas avoir perçu la profondeur : les ombres foncées au sol autour de la maison et sur la façade occidentale, les reflets dans l'eau, les ombres dans les reflets,

les intersections entre les objets, l'espace entre les deux arbres qui définit un arrière-plan. Comme pour le moulin, ce sont des mouvements oculaires de va - et -vient entre la façade et des endroits précis qui sont répétés plusieurs fois : la façade vers les ombres sur le toit et retour sur la façade, la façade vers les reflets dans l'eau ou les ombres dans les reflets dans l'eau et retour sur la façade. Les yeux fixent la façade, puis vont des zones particulières très ciblées qui contribuent à donner du relief à la façade, essentiellement des intersections, des ombres et des reflets. Comme pour le moulin, ces saccades peuvent être amples entre la façade et l'arrière-plan ou entre la façade et le premier plan. Il serait évidemment très intéressant d'enregistrer l'angle de vergence durant ce type d'explorations illusionnistes.







Discussion

Par un parcours oculaire particulier et méthodique, les experts, inconsciemment, parviennent à s'illusionner en fixant certains endroits dans le tableau, en bougeant leurs yeux d'une certaine manière. Ils savent intuitivement où regarder, ils savent par quels mouvements oculaires ils parviendront à l'illusion. Durant les heures passées dans les musées à contempler des tableaux de peinture, ils ont appris certaines stratégies perceptives. Aucun manuel d'art n'existe pour apprendre comment bouger ses yeux sur une toile de peinture, pour faire apparaître un mouvement ou un volume. C'est un apprentissage moteur qui se forge intuitivement au fil des visites dans les musées. A la différence des amateurs, les experts ont une connaissance technique de la peinture. L'habitude de repérer les indices techniques

du mouvement ou de la profondeur, par exemple des traits dans une direction, une façade biscornue, des ombres et des reflets, le donne « la clé d'entrée dans l'illusion » pour reprendre la formule de Gombrich. On peut alors supposer qu'il existe un processus *top-down* de l'illusion et que ce processus soit plus facilité par la perception des indices laissés par le peintre qui sont comme des voies d'accès à l'illusion.

Le circuit si précis des yeux sur le tableau des personnes qui ont dit percevoir le mouvement ou la profondeur sur ces tableaux, et qui semble méthodique nous rappelle effectivement l'idée de la clé de Gombrich : les tableaux illusionnistes contiennent des serrures, ceux qui en ont trouvé la clé peuvent l'utiliser pour d'autres tableaux qui ont les mêmes « pênes ». Ainsi, la peinture est bien un art de la suggestion tel que nous l'a présenté Gombrich dans les passages que j'ai reproduits dans l'introduction. L'expert est celui qui comprend les subtilités du peintre pour « forcer la serrure des sens ». Gombrich met en évidence que l'entrée dans l'œuvre dépend de « nos habitudes culturelles » et que son interprétation dépend de notre familiarité avec des œuvres composées selon la même technique. Il donnait comme exemple que l'interprétation de la profondeur dépendait de notre familiarité avec les œuvres composées à partir de la technique de la mise en perspective. Un expert qui était artiste peintre habitué à exposer ses toiles nous a d'ailleurs expliqué que pour lui, il y avait une entrée et un circuit du regard prédéterminé par le peintre dans un tableau pour le spectateur. Les *patterns* similaires entre les experts sur les deux tableaux étudiés vont dans le sens de sa remarque.

6. Discussion générale.

Nos études sur les peintures et les statues ont montré que le type d'art visuel déterminait un comportement oculomoteur spécifique dès la première saccade et que l'habitude à fréquenter des musées modulait la manière d'orienter le regard dès la première saccade sur un tableau. Nous aimerions dans cette discussion finale réfléchir d'une part à l'influence que peut avoir la matérialité de l'œuvre d'art dans nos expériences *in situ* sur cette première saccade et d'autre part tenter d'expliquer comment une éducation du regard peut orienter la première saccade.

6.1. La matérialité de l'œuvre d'art dans un contexte muséal.

La première étude a montré des différences importantes entre le premier regard sur les tableaux dans un musée chez un expert ou un amateur de tableaux et un novice en art pictural qui ne visite jamais les musées. Cette étude a aussi montré des différences selon l'emplacement du sujet principal dans la composition du tableau. Une stratégie centrale existe chez tous les sujets, mais elle est plus marquée chez les amateurs, et elle est modulée par l'emplacement du sujet principal chez les experts et dans une moindre mesure chez les amateurs.

La seconde étude montre des différences très importantes entre l'endroit visé par la première saccade chez les enfants de 5 ans, de 8-10 ans et chez les jeunes adultes novices en art qui n'étaient, pour la moitié d'entre eux, jamais allés dans un musée. Les jeunes enfants de 5 ans ne visent pas du tout le centre des tableaux lors de la première saccade alors que des enfants de 8-10 ans ont commencé à adopter une stratégie centrale, même s'ils visent moins le centre que les jeunes adultes novices dans notre expérience.

La troisième étude a montré un comportement oculomoteur très différent entre le premier coup d'œil sur un tableau et le premier coup d'œil sur une statue. Alors que le regard vise le centre du tableau ou le centre du sujet lorsque celui-ci est excentré ou décalé, l'œil vise une extrémité dans les statues, et les différences de connaissances en art ne modulent pas ce comportement de la saccade qui s'oriente spontanément vers une extrémité saillante quelles que soient les pratiques muséales. Nous avons également observé la tendance à viser les extrémités d'une statue chez les enfants, même si elle s'observe moins que chez les adultes.

La quatrième étude a montré que la capacité à s'illusionner devant un tableau était acquise, que les personnes habituées à visiter les musées avaient acquis l'aptitude à adopter un comportement oculomoteur propre à générer de l'illusion.

Les études sur la première saccade présentées dans cette thèse montrent donc un impact important de l'éducation et de l'habitude à regarder des tableaux, et aussi que le facteur de l'âge est important. Elles montrent aussi que le comportement

oculomoteur face à une statue est différent de celui adopté face à un tableau et qu'il est davantage conditionné par la saillance de l'œuvre.

Nous aimerions, dans cette discussion finale, mettre en avant une autre dimension qui nous semble avoir un impact fort dans nos résultats, c'est la présence physique à l'objet d'art dans un musée.

6.1.1. La présence physique d'une statue.

Nous avons vu dans la troisième étude sur les statues que nous ne regardons pas du tout de la même manière une statue réelle et la reproduction d'une statue dans un tableau de peinture, comme dans le tableau de Grün, ou dans les photographies des études de Buswell. Une statue s'offre au regard dans une matérialité très différente de celle d'un tableau qui vise l'illusionnisme et la représentation, alors que la sculpture est un art de l'expression. Le premier coup d'œil en témoigne déjà, une statue est abordée par la première saccade dans sa matérialité lorsque nous sommes dans un musée, alors que l'œil vise une image carrée bidimensionnelle sur un écran, dans un livre ou dans un tableau. Nous avons interprété le fait que l'œil vise lors de la première saccade le plus souvent une extrémité saillante de la statue d'une part comme une visée première qui permet de délimiter les contours de la statue pour la dissocier du monde réel en tant qu'artefact représentationnel, et d'autre part comme une attirance vers le point extrême où culmine le défi physiologique et physique mis en valeur de manière saillance par le sculpteur. Ainsi, viser en premier cette extrémité c'est orienter son regard pour circonscrire l'espace de la représentation pour une œuvre qui n'a pas de cadre excepté le socle. Nous avons émis l'hypothèse qu'une statue dans un cadre ne serait pas autant visée sur une extrémité par la première saccade. Mais nous postulons aussi un rôle important de la saillance visuelle d'une statue liée à sa matérialité.

Nous avons vu aussi que l'exploration visuelle d'un corps sculpté et d'un corps peint était très différente. Les saccades oculaires parcourent les courbes, se dirigent vers des intersections, comme pour modeler les volumes du regard. Les saccades

sont plus amples que sur un corps peint. Les yeux fixent moins les endroits visés, mais ils y reviennent plusieurs fois, ils glissent sur une courbe ou ils sautent d'une courbe à l'autre, souvent sur une courbe opposée pour mieux en mesurer les proportions, en embrasser le volume, pour le mémoriser, se l'approprier.

6.1.2. La présence physique d'un tableau.

Un tableau est également un objet physique, par son cadre, comme nous l'avons évoqué dans la discussion de l'étude 1, et nous aimerions envisager dans quelle mesure le cadre physique d'un tableau dans un musée joue un rôle dans l'attraction pour le centre du tableau observée chez tous les groupes dans des proportions différentes.

Il nous semble que cette prise en compte du cadre peut aussi nous aider à comprendre pourquoi les enfants de 5 ans ne visent pas le centre. Certes, des raisons liées à l'immaturation cérébrale, à une moins bonne coordination binoculaire, à l'influence plus tardive de processus ascendants peuvent contribuer à l'expliquer. Mais nous aimerions réfléchir au rôle de ce cadre trop haut pour eux, et au fait que l'œuvre ne s'offre pas en face d'eux, ni dans sa pleine spatialité, ni dans sa pleine physicalité. Lorsque nous emmenons des enfants dans les musées, la présence au tableau n'est pas du tout la même que pour des adultes ou des enfants plus âgés, en raison d'abord de leur taille et de l'effort musculaire pour élever longuement la tête et pour viser avec les yeux un objet surélevé.

Par ailleurs, la dimension physique du tableau dans un musée n'est pas seulement soulignée par son cadre, mais également par sa « touche » et les traits de pinceau, qui ont été très remarquables et scrutés par les experts et les amateurs de notre étude, et nous avons vu que cette matérialité de la peinture étaient perçus par les amateurs et les experts comme une invitation à des jeux de regard propres à susciter l'illusion. Les traits obliques indiquent un mouvement, les suivre des yeux et osciller entre cette matérialité qui suggère le mouvement avec un empâtement qui suggère un objet statique comme la tour du moulin peut générer une illusion de mouvement. « L'empâtement », « la croûte », « la touche », selon les termes utilisés par les

peintres, peuvent permettre de créer un relief, des reflets, propres à susciter l'illusion de profondeur.

Nous développons plus particulièrement ci-dessous le rôle du cadre, objet physique qui s'ajoute à la peinture, et dont nous soutenons qu'il peut jouer un rôle dans l'attirance pour le centre.

6.2. L'attraction pour le centre des tableaux.

Les résultats de la première expérience montrent que le centre du tableau est davantage visé lors de la première saccade que les autres parties des tableaux, et que parmi les groupes de participants, ce sont les amateurs et les experts qui visent, lors de cette première saccade, davantage le centre que les novices. Comment expliquer cette attirance pour le centre des tableaux de peinture ? Nous proposons ici des interprétations originales pour expliquer premièrement l'attraction pour le centre dès la première saccade, et deuxièmement en quoi l'expertise ou l'amateurisme peuvent orienter davantage le regard vers le centre dès la première saccade.

6.2.1. Une corrélation entre l'attirance pour le centre et le cadre du tableau.

Nos résultats montrent que l'œil oriente le regard pour placer le centre du tableau sur la fovéa lors de sa première fixation.

Nous formulons l'hypothèse que l'attirance du regard pour le centre du tableau dès la première saccade ne peut se comprendre que si l'on envisage le centre du tableau comme le centre d'un cadre. Il nous semble en effet essentiel pour comprendre l'attirance pour le centre de garder à l'esprit que l'espace de représentation dans la peinture européenne est un espace clos, que la composition à l'intérieur du tableau découle de cette clôture, et que l'éducation de notre œil doit être appréhendée à partir du cadre.

L'importance du cadre dans l'histoire de la peinture occidentale.

Dans la peinture occidentale, l'espace de représentation est un espace délimité, circonscrit par des contours. Le peintre peint généralement sur une toile posée sur un chevalet, la forme de la toile impose une délimitation qu'il peut choisir de souligner par des contours peints, et qui est rendue ostensible par un encadrement plus ou moins ostentatoire. Au XIX^{ème} siècle, les cadres peuvent être particulièrement ouvragés et c'était le cas dans l'exposition « Éblouissants reflets ». Plusieurs participants au sein de chaque groupe nous ont d'ailleurs fait part de leur intérêt pour ces cadres, et nous avons pu observer lors des visionnages des retours de saccade sur les cadres chez ces participants ainsi que chez d'autres participants qui n'avaient pas formulé cet intérêt.

Passons en revue l'histoire du cadre dans la peinture occidentale et son lien avec l'histoire de la peinture comme représentation.

Nous n'avons pas connaissance de l'existence de cadres dans la peinture pariétale. Les peintures du magdalénien au fond des grottes ne sont pas délimitées et les motifs représentés, souvent les mêmes (des mains, des chevaux, des bisons, des hommes), semblent pouvoir se répéter. Les études en paléo esthétique évoquent une composition dans ces peintures, voire une hiérarchie des sujets, mais aucune à notre connaissance n'a montré l'existence d'un encadrement, et ce qui est pour nous corrélé, aucune ne comprend la composition de ces peintures par rapport à un centre. Au contraire, si nous prenons comme exemple les peintures rupestres très connues qui représentent des scènes comme celles des grottes Chauvet, de Lascaux, de Tautavel, et celles récemment étudiées d'Altamira, la scène semble se poursuivre au-delà des murs, la représentation ne semble pas close, mais ouverte. De ce fait, aucun centre ne peut être défini comme le centre de la peinture. Il est passionnant de se demander si l'œil viserait le milieu de telles peintures si différentes dans leur composition de celles auxquelles l'histoire de la peinture et notamment de la perspective nous a habitués. Nous émettons l'hypothèse que cette absence de cadre et de centre dans les peintures du magdalénien est liée au fait que la fonction de ces peintures n'est pas ornementale, ni esthétique, qu'elles ne sont pas même des

représentations, ce qui expliquerait pourquoi ce sont toujours les mêmes sujets qui sont représentés. La fonction des peintures seraient davantage une fonction magique. Ainsi il serait question de présence davantage que de représentation. Nous pouvons nous demander si un point de vue privilégié existe pour les regarder, ce point de vue pouvant varier selon la position du soleil, de l'éclairage de la grotte par un feu. Ce détour par les grottes préhistoriques nous fait comprendre l'importance de la fonction représentationnelle de la peinture et du point de vue pour comprendre le rôle du centre dans la peinture occidentale et l'intérêt du cadre.

Dans son livre *Le Cadre dans la peinture*, Patricia Signorile montre comment la peinture occidentale depuis le *quattrocento* s'est inventée à partir du cadre. Le premier peintre à avoir formulé l'importance du cadre pour la peinture est Léon Battista Alberti en 1435 dans le *De Pictura*. Pour ce dernier, le cadre est nécessaire car il sépare la peinture du mur. La peinture occidentale depuis le *quattrocento* s'est donc bâtie sur l'idée d'un espace clos et séparé du monde réel, dont il pouvait être un miroir, un double, et notre œil s'est habitué à contempler à l'intérieur d'un périmètre clos.

Il nous semble donc important de comprendre l'attraction pour le centre en envisageant la forme dont il est le centre. Cette forme est toujours géométrique, qu'elle soit un quadrilatère carré ou un rectangle plus ou moins allongé, ou un rond comme c'est le cas des peintures en médaillons. Cette forme géométrique signale la peinture comme un « artefact » selon le mot des penseurs antiques de l'art, par exemple Platon dans *La République*, c'est-à-dire un objet fabriqué par la main humaine. Et on retrouve l'idée d'Alberti de séparation, le cadre isole la peinture de son environnement, la forme géométrique signale un monde à part autonome qui n'appartient pas à la nature, et qui lui ajoute, comme l'écrivait Baudelaire « un je ne sais quoi d'étrange et d'enchanté ». Notre œil s'est habitué à voir une peinture dans un cadre, qui a une forme géométrique et cela nous semble important de toujours le garder à l'esprit. Ainsi jeter un premier coup d'œil sur une peinture dans un musée n'est pas la même chose que d'embrasser du regard un paysage, comme ce n'est pas la même expérience visuelle que de regarder une reproduction sur un écran. Ce sont trois expériences visuelles très différentes. Le cadre impose une focalisation, l'écran, plus proche et pixélisé, systématise une forme et une taille, impose également une focalisation, mais qui peut être davantage anticipée. Le format du cadre de la peinture n'est jamais le même, mais revient toujours à regarder une forme géométrique, et implique donc un regard oblique,

qui converge, contrairement au fait de voir dans la nature. Il nous semblerait très intéressant de comparer la vergence sur une scène naturelle, et sur une peinture qui représenterait un paysage dans les mêmes proportions.

Si c'est dans les écrits d'Alberti que l'on peut lire la première fois une revendication de l'intérêt pour le cadre en peinture, les cadres existaient bien avant le *quattrocento* dans la peinture occidentale. L'art romain connaît le cadre qui est systématique dans les mosaïques : à tel point qu'une mosaïque sans cadre ni géométrie est considérée comme exceptionnelle et remarquable par son caractère original, comme la mosaïque représentant la mort de Lycurgue dans le musée de saint Romain en Gal. Dans les peintures, le cadre est courant comme en témoignent les nombreuses fresques retrouvées à Pompéi et à Herculaneum, de la villa des mystères par exemple. Dans *Le Cadre de la peinture*, Patricia Signorile nous apprend que les premières représentations d'un cadre datent de 2000 av JC : à Kivik un cadre est retrouvé sur la pierre, et à la même époque à Cnossos, des fresques sur les murs sont entourées de bordures. Ce besoin humain d'encadrer la représentation mérite d'être interrogé. Et il nous semble que la tendance à viser le centre que nous avons mise en évidence dans notre expérience *in situ* doit s'intégrer dans cette réflexion anthropologique. Nous avons postulé que nous visions le cadre jouait un rôle dans l'attraction pour le centre, mais peut-être les représentations sont-elles encadrées depuis des millénaires pour correspondre au comportement oculomoteur de la première saccade.

7. Conclusion

Nous avons souhaité montrer dans cette thèse l'intérêt d'une approche neuroscientifique sur les œuvres d'art. Certes, si le cerveau avec ses milliards de neurones est l'objet le plus complexe, et si nous considérons que la contemplation d'un tableau de peinture est l'une des expériences les plus complexes de ce système très complexe, il peut sembler présomptueux de prétendre analyser les œuvres d'art dans des études neuroscientifiques, et plus encore dans un mémoire de thèse, à moins de ne poser notre lorgnette que sur l'infime prémice de cette expérience complexe, prémice ultra rapide et non consciente mais qui a beaucoup à nous apprendre, la première saccade sur un tableau ou une statue. Nous avons souhaité relever le défi de n'étudier qu'elle et d'analyser tout ce qu'elle avait à nous apprendre, de comparer cette première saccade sur des tableaux et des statues chez des sujets ayant des habitudes muséales différentes.

Les études présentées dans cette thèse ont pu montrer que, loin d'être réductrice, la première saccade était un puissant indicateur du comportement oculomoteur puisqu'elle nous a permis de différencier des groupes de sujets, des catégories de tableaux, et même de différencier les arts visuels.

Étudier la première saccade permet d'étudier le comportement oculomoteur dans ce qu'il a de plus spontané. Si les premiers eye tracker datent d'il y a plus d'un siècle et demi, ce n'est que très récemment que la technologie a permis de créer des eye tracker portatifs sous forme de simples lunettes qui permettent une expérience naturelle. Nous avons utilisé pour les études présentées dans cette thèse la première génération de lunettes qui pouvaient permettre une expérience naturelle et nous avons choisi un protocole expérimental le plus écologique puisqu'il permettait aux participants d'oublier les lunettes par le choix d'enregistrements longs, l'absence de consignes et le choix de ne pas placer de marqueurs sur les tableaux. Ces lunettes nous ont permis d'obtenir une somme conséquente d'informations sur l'endroit visé lors de la première saccade, et le circuit visuel sur des tableaux. Un siècle et demi après les premiers eye trackers, la technologie de l'eye tracking est en plein essor. La nouvelle génération de lunettes sera suffisamment puissante pour un échantillonnage

à une fréquence suffisante pour permettre des analyses plus fines et enregistrer les saccades en temps réel. Cela dit, le codage manuel auquel nous avons dû nous astreindre, très dispendieux en temps, sera encore nécessaire avec cette nouvelle génération de lunettes, dès lors que l'on fait le choix de ne pas utiliser de marqueurs, le codage manuel étant intrinsèquement lié à la dimension portative et à la visite libre.

Dans cette thèse, nous avons aussi souhaité relever un autre défi, celui du parti pris naturaliste et de montrer la richesse d'une approche pleinement écologique. Pour étudier la rencontre des sujets avec les œuvres d'art, il nous a semblé nécessaire de mettre les sujets en situation face à des stimuli réels, dans l'environnement naturel des tableaux que constitue le musée. En cohérence avec ce défi écologique, il était essentiel de permettre aux sujets un rapport personnel aux œuvres, sans consigne directive, et sans limite dans le temps, ce que permettait l'eye tracker sous forme de lunettes. La richesse des données que nous avons collectées, nous n'en avons analysé qu'une partie, montre la possibilité désormais offerte pour les sciences cognitives de sortir des laboratoires pour tenter des approches en milieu écologique.

Les études présentées dans cette thèse invitent à d'autres recherches. Les données enregistrées *in situ* pourraient être comparées avec des données sur écran sur les mêmes œuvres. Des expérimentations qui testeraient le rôle du cadre, en le supprimant, en lui donnant une forme non géométrique, pourraient permettre d'en cerner l'impact visuel. Le parcours des yeux sur les tableaux pourrait être comparé avec le parcours sur une statue très ressemblante comme nous l'avons esquissé avec le tableau Narcisse de Lépicié et la statue de Hiolle. La galerie Borghese par exemple offre des tableaux qui donnent l'illusion parfaite d'une statue. Inversement Canova enduit ses sculptures pour qu'elles se rapprochent de l'art de la peinture afin d'accroître leur pouvoir illusionniste. Réaliser des enregistrements oculomoteurs sur les œuvres qui réduisent les différences entre les arts ou encore sur des représentations qui testent les limites entre la représentation ou la réalité, telles que les leurre et les trompe-l'œil, nous apprendrait sans doute beaucoup sur ce qu'est l'expérience esthétique, sur la spécificité de la sculpture et de la peinture, sur le travail de l'artiste, et tout autant sur le cerveau. Viserait-on encore une extrémité lors de la première saccade pour une statue en bas ou haut relief ? Pour une statue dans une présentation groupée ?

Ainsi, l'étude du mouvement des yeux peut éclairer le mystère de la perception esthétique ; et tout autant l'étude des riches stimuli que sont les tableaux de peinture ou les sculptures nous donne quelques indices pour décrypter les énigmes du fonctionnement cérébral et de son développement.

8. Annexes

ANNEXE 1 : LE QUESTIONNAIRE

Le questionnaire rempli par l'investigateur après la visite spontanée qui nous a permis d'évaluer la fréquentation des musées, les connaissances des participants en histoire de l'art et sur l'impressionnisme en particulier, ainsi que leur implication personnelle et émotionnelle durant la visite.

NOM :	AGE :	SEXE :
-------	-------	--------

FREQUENTATION DES MUSEES

- Dans votre vie, combien de fois êtes-vous allé dans un musée de peinture ?
- 3 fois + de 3 fois + de 20 fois fréquentation quotidienne des tableaux de peinture
- Au cours des 6 derniers mois, combien de fois êtes-vous allé au musée ? 1ère fois entre 2 et 5 fois
entre 5 et 10 fois + de 10 fois
- Êtes-vous allé dans ces musées et expositions impressionnistes ?
- 1. Orsay Marmottan Musée BA Rouen MuMa Le Havre Musée Boudin Honfleur Musée BA de Caen Giverny
- 2. autres expositions impressionnistes dans les musées régionaux musées étrangers
Expo Gd Palais : Monet 2010 Renoir 2009 Courbet 2008 Degas Orsay 2012.
- Pratique art visuel non oui (peinture photographie)

L'EXPOSITION

- Avez-vous apprécié cette exposition ? beaucoup assez moyennement pas vraiment pas du tout
- Un tableau particulier ?
- Qu'avez-vous aimé dans ce(s) tableau(x) ? Qu'est-ce qui a créé une émotion particulière ?
- D'une manière générale, appréciez-vous les tableaux impressionnistes ? Qu'appréciez-vous ? Qu'est-ce que l'impressionnisme pour vous (définition en quelques mots clés personnels) ? Comment situeriez-vous ce mouvement dans l'histoire de la peinture ?
- Avez-vous pensé aux intentions de l'artiste ? (ce qu'il a voulu représenter, et comment il l'a représenté)
- Au point de vue duquel il a peint ?
- À son geste sur la toile ? Aux mouvements (direction) de son pinceau ? gestes amples /aux petites touches ? associé à une émotion ?
- Avez-vous été sensible à la matière sur la toile (à la « touche ») ?
- A la perspective ? A-t-elle été selon vous respectée ? A la mise en espace ? A la profondeur ? Au mouvement ? (Pour quels tableaux de l'exposition ?)
- A l'encadrement ? A la scénographie ?

ANNEXE 2 : LES TABLEAUX DE L'EXPOSITION.

Salle 1 : Narcisse



Nicolas Bernard Lépicié, *Narcisse*, 1771, 113 x 145 cm, Saint-Quentin, Musée Antoine-Lécuyer, L 84.

Salle 2 : L'expérience hollandaise



Johan Barthold Jongkind, *Clair de lune à Overschie*, 1855, huile sur toile, 111 x 146 cm, Paris, Petit-Palais, musée des Beaux-Arts de la Ville de Paris, PPP00481.



Johan Barthold Jongkind, *Vue d'Overschie, l'église d'Overschie*, 1856, huile sur toile, 43 x 57 cm,
© Douai, Musée de la Chartreuse, inv. 2224.



Johan Barthold Jongkind, *Le Port d'Anvers*, 1855, huile sur toile, 82,5 x 107 cm, Paris, musée d'Orsay,
attribution par l'office des biens et intérêts privés aux Musées nationaux (œuvre récupérée après la Seconde
Guerre mondiale et confiée à la garde des Musées nationaux) en 1950, tableau déposé au musée des Beaux-
Arts et d'Archéologie, Rennes en 1954, MNR 499.



Claude Monet, *Amsterdam, Prins Hendrikkade et Kromme Waal*, 1874, huile sur toile, 50 x 68 cm, Amsterdam, musée Van Gogh, S504S/2001.



Claude Monet, *Vue d'Amsterdam*, 1874, huile sur toile, 62,5 x 105 cm, Remagen, Arp Museum Bahnhof Rolandseck, collection Rau pour l'Unicef, GR 1.612.



Claude Monet *Maisons au bord de la Zaan, à Zaandam*, 1871, huile sur toile, 48 x 73,5 cm
Francfort, Städel Museum, Nr. 1385.



Claude Monet, *Moulin à Zaandam*, 1871, huile sur toile, 48 x 73,5 cm
Copenhague, Ny Carlsberg Glyptotek, MIN 3233.



Claude Monet, *Moulins dans le Westzijderveld près de Zaandam*, 1871, huile sur toile, 47 x 73,5 cm
Amsterdam, Musée Van Gogh, S503S/2001.



Claude Monet, *Champ de tulipes en Hollande*, 1886, huile sur toile, 54 x 81 cm
Paris, musée Marmottan, inv.5173.

Salle 3 : L'armada des peintres



Johan Barthold Jongkind, *L'Estacade*, huile sur toile, 105 x 170 cm, 1853, Paris, musée d'Orsay, en dépôt au musée d'Angers, musée des Beaux-Arts, MI 37.



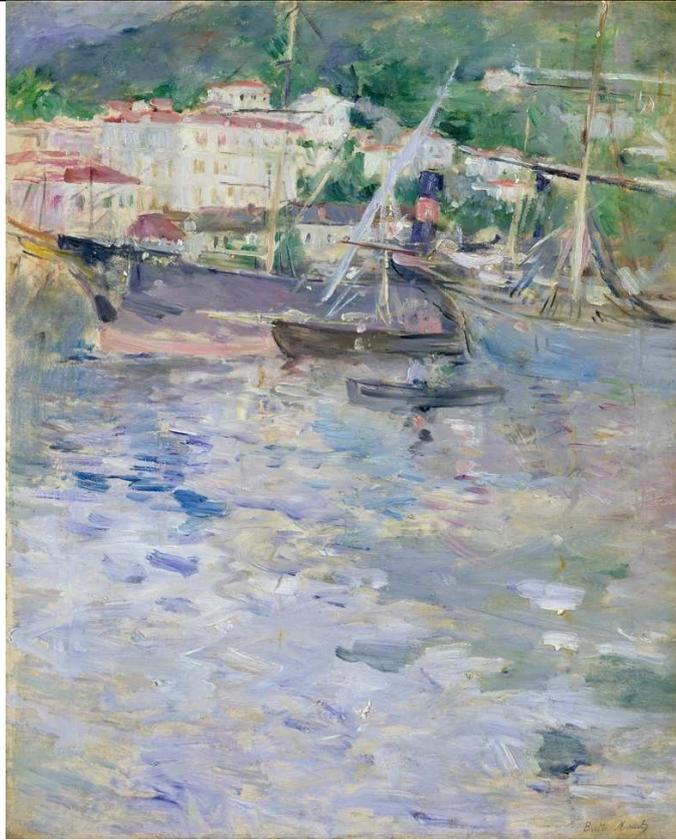
Eugène Boudin *Le Port de Camaret*, 1872 (RF 1972-15), huile sur toile, 55,5 x 89,5 cm, Paris, Musée d'Orsay, legs d'Alsop Enriqueta au nom du Dr Mollard Eduardo, aux Musées nationaux pour le Musée du Jeu de Paume en 1972.



Claude Monet, *L'Entrée du port de Trouville*, 1870, huile sur toile, 54 x 66 cm, Budapest, Szépművészeti Múzeum, acquis en 1916, 367. B.



Albert Lebourg, *Navire norvégien dans le port de Rouen*, 1888, huile sur toile, 45 x 63 cm, Rouen, Musée des Beaux-Arts, donation François Depeaux, inv.1909.1.21, © Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie.



Berthe Morisot, *Le Port de Nice*, 1882, huile sur toile, 53 x 43 cm, Paris, Musée Marmottan Monet, fondation Denis et Annie Rouart, inv. 6010.



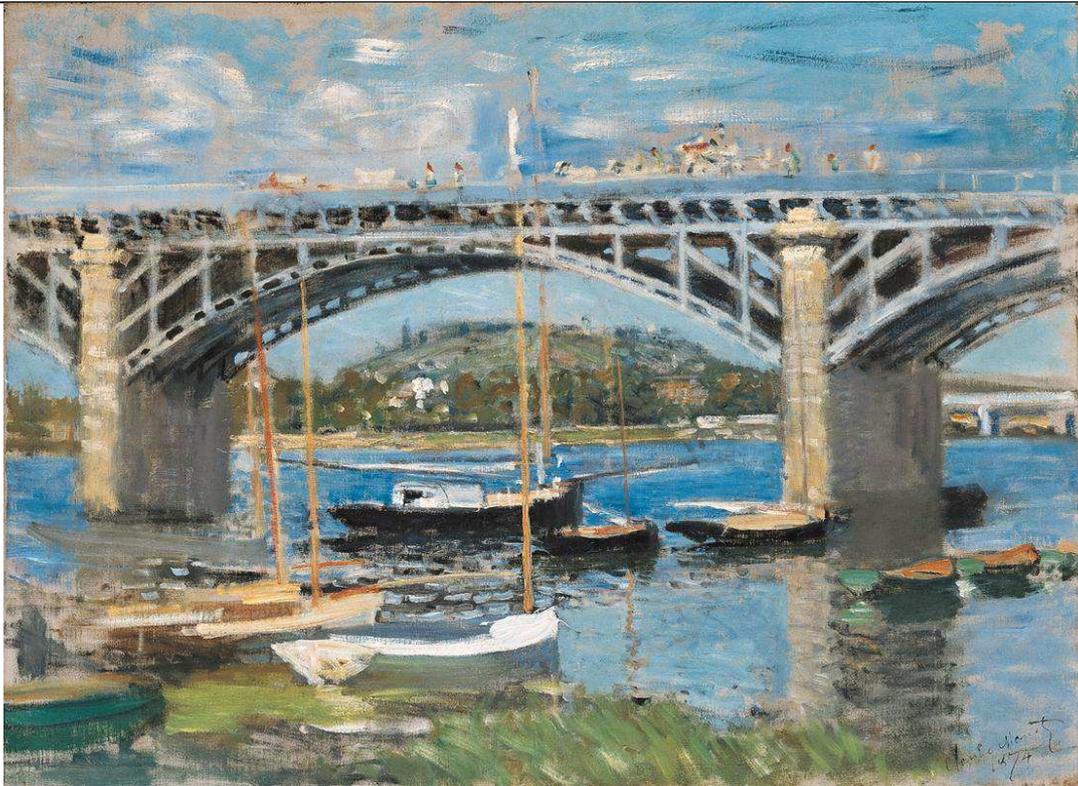
Berthe Morisot *Le Port de Nice*, 1881-1882, huile sur toile, 38,1 x 46,3 cm, Dallas, Dallas Museum of Art, The Wendy and Emery Reves Collection, 1985. R.40.



*Claude Monet, *Argenteuil*, 1875, huile sur toile, 56 x 67 cm,
Paris, musée de l'Orangerie, RF 1963-106.



Claude Monet, *Le Pont d'Argenteuil, temps gris*, 1876, huile sur toile, 61 x 80,3 cm,
Washington, National Gallery of Art, Alisa Mellon Bruce Collection, 1970.17.44.



Claude Monet, *Le Pont d'Argenteuil*, 1874, huile sur toile, 89,8 x 81,4 cm,
Munich, Neue Pinakothek, Bayerische Staatsgemälde-sammlungen, im Rahmen des Tschudi-Spende
erworben, 8642.



Claude Monet, *Le Pont de chemin de fer, Argenteuil*, 1874, huile sur toile, 14,5 x 23 cm,
Paris, musée Marmottan Monet, inv. 5037.



Claude Monet, *Le Pont de Charing Cross, brouillard*, vers 1902, huile sur toile, 73 x 92 cm, Toronto, Art Gallery of Ontario, Gift of Reuben Wells Leonard Estate, 90/161.



Claude Monet, *Le Pont de Charing Cross, brouillard, la Tamise* 1899-1901, huile sur toile, 73 x 100 cm Lyon, musée des Beaux-Arts, legs Raymond Koechlin, B.1725.



Albert Sisley, *Le Pont de Sèvres*, 1877, huile sur toile, 38,1 x 46 cm,
Londres, The National Gallery, on loan from Tate, L729.



Alfred Sisley *Le Pont de Saint Mammès*, 1881, huile sur toile, 54,6 x 73,2 cm,
Philadelphie, Philadelphia Museum of Art, The John G. Johnson Collection, cat. 1082.

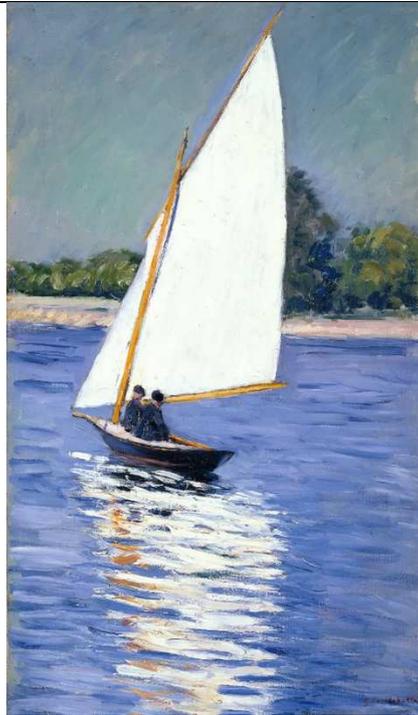


Albert Sisley *Pont de Moret, effet d'orage*, 1887-1888, huile sur toile, 51 x 63 cm,
Paris, musée d'Orsay, en dépôt au Havre, MuMa - musée d'Art moderne André Malraux, attribution par
l'office des biens et intérêts privés aux Musées nationaux (œuvre récupérée après la Seconde Guerre mondiale
et confiée à la garde des Musées nationaux), 1953, déposée au musée des beaux-arts, Le Havre, devenu musée
Malraux en 1961, MNR 203.

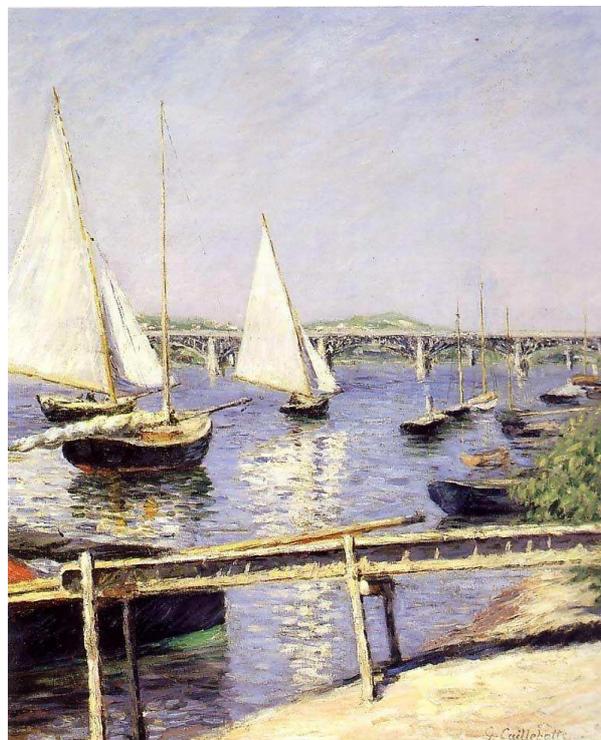


Albert Sisley *Le Pont de Moret*, 1888, huile sur toile, 64,7 x 91,9 cm
Minneapolis, Minneapolis Institute of Arts, The John R. Van Derlip Fund, 2002.67.

Salle 4 : Les loisirs fluviaux.



*Gustave Caillebotte, *Voilier sur la Seine, Argenteuil*, 1893, huile sur toile, 65 x 38 cm, Collection particulière.



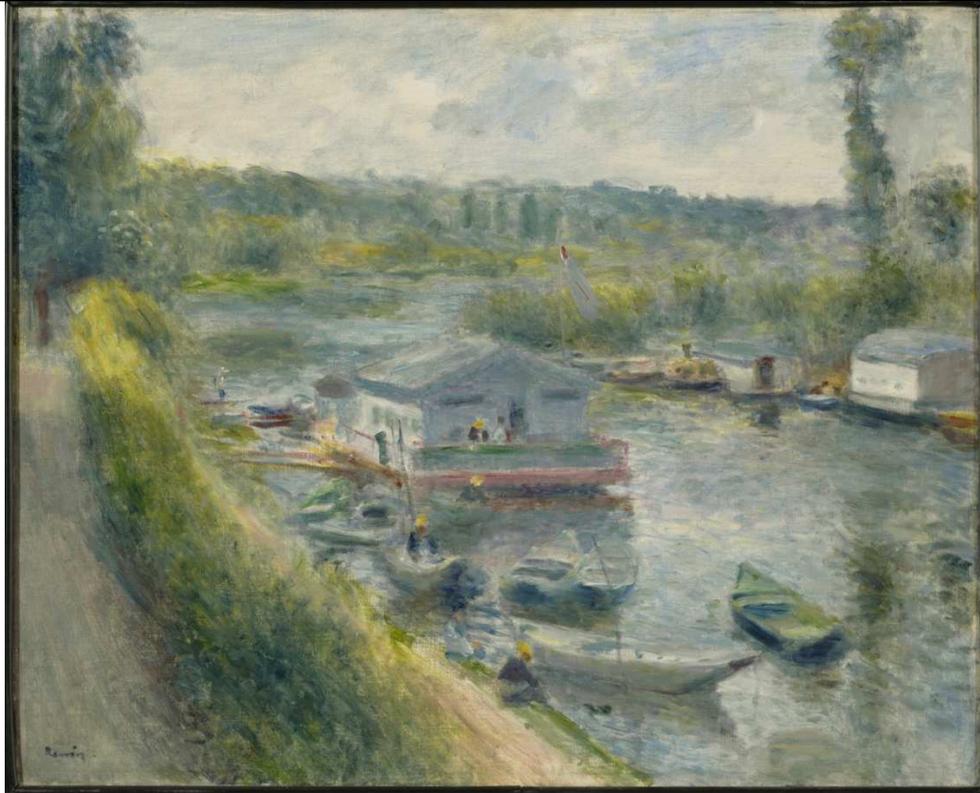
Gustave Caillebotte, *Voiliers à Argenteuil*, huile sur toile, vers 1888, 65,5 x 55 cm, Paris, musée d'Orsay, acquis sur les arrérages du legs Dol-Lair par les Musées nationaux pour le musée du Jeu de Paume en 1954, RF 1954-31.



Gustave Caillebotte, *Canotier ramenant sa périssoire*, 1878, huile sur toile, 73 x 93 cm, Richmond, Virginia Museum of Fine Arts, Collection of Mr. And Mrs Paul Mellon, 83.13.



Jean-Louis Forain, *Madame Forain pêchant à la ligne*, 1896, huile sur toile, 95,5 x 101 cm, Washington National Gallery of art, Collection of Mr. And Mrs Paul Mellon, 1985.64.19.



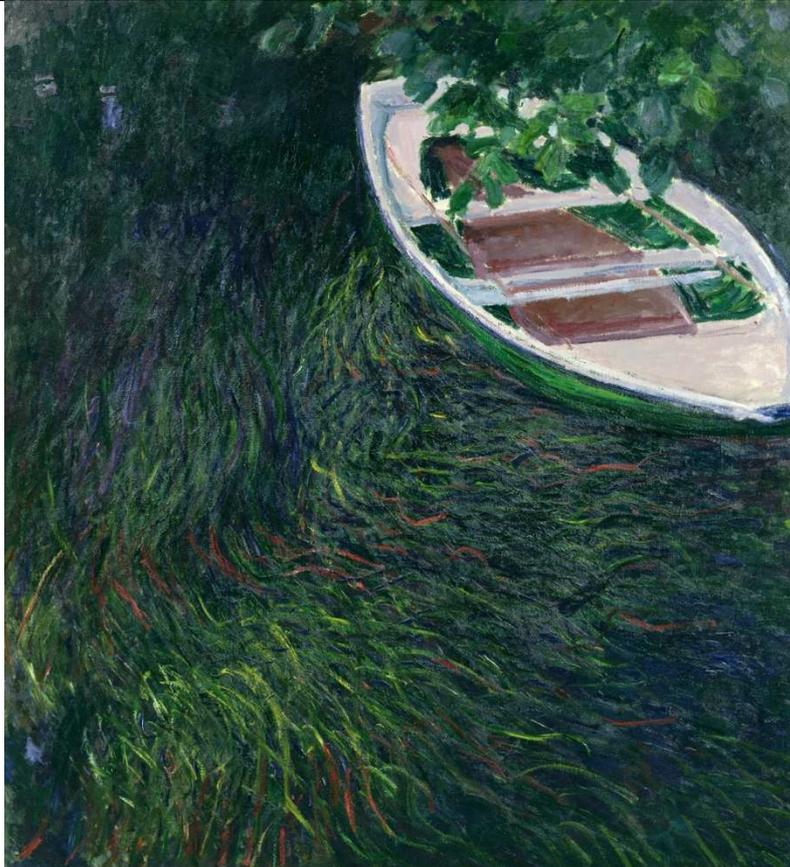
Pierre Auguste Renoir, *Le Bateau-lavoir à Bas-Meudon*, 1875, huile sur toile, 50 x 61 cm,
Williamstown, Sterling and Francien Clark Art Institute, 1955.610.



Pierre Auguste Renoir, *La Yole*, 1875, huile sur toile, 71 x 92 cm
Londres, The National Gallery, NG 6478.



Claude Monet *En norvégienne, la barque*, vers 1887, huile sur toile, 97,5 x 130,5 cm, Paris, musée d'Orsay, accepté par l'Etat à titre de legs aux Musées nationaux de la princesse Edmond de Polignac, pour le musée du Louvre en 1947, RF 1944 - 20.



Claude Monet *La Barque*, 1887, huile sur toile, 146 x 133 cm, Paris, musée Marmottan Monet, inv. 5082.

9. Bibliographie

- **NEUROSCIENCES ET PSYCHOLOGIE COGNITIVE**

Ahissar, M. et Hochstein, S. (2004), The Reverse Theory of Perceptual Learning, *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 2004, pp. 457-464.

Antes, J.R., (1974), The time course of picture viewing. *Journal of Experimental Psychology* 103 : 62.

Bar, M. (2003), A cortical mechanism for triggering top down facilitation in visual object recognition, *Journal of cognitive neuroscience*, 15(4), 600-9.

Biederman, I., (1987), Recognition-by-components: A theory of human image understanding, *Psychological Review*, vol. 94, n° 2, 1987, p. 115-147.

Bindemann, M., (2010), Scene and screen center bias early eye movements in scene viewing. *Vision Research*, 50 (23). pp. 2577-2587.

Brieber D., Nadal M., Leder H., Rosenberg R. (2014), Art in time and space: context modulates the relation between art experience and viewing time. *PloS One*. 2014 Jun 3 ; 9(6).

Brieber D., Nadal M., Leder H. (2015), In the white cube : Museum context enhances the valuation and memory of art. *Acta Psychol*. 2015 Jan 31 ;154 :36–42.

Bucci, M.P. et Seassau, M., (2012) Saccadic eye movements in children: a developmental study , *Experimental Brain Research*, vol. 222, n°s 1-2, p. 21–30

Buswell GT (1935) *How people look at pictures*. Chicago : University of Chicago Press.

Carbon C.C., (2017), Art Perception in the Museum : How We Spend Time and Space in Art Exhibitions. *i-Perception*.

Cavanagh, P., (2005), The artist as neuroscientist, *Nature*, vol 434, pp. 301-307.

Cavanagh, P. et Melcher, D., (2011), Pictorial cues in art and in visual perception. In Melcher, David, Art and the senses. Oxford, *Oxford University Press*, pp. 359-394.

Cela-Conde C. J., Marty G., Maestu F., Ortiz T., Munar E., Fernandez A., et al, (2004), Activation of the Prefrontal Cortex in the Human Visual Aesthetic Perception, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, p. 6321-6325.

Crouzet, S. M., Joubert, O. R., Thorpe, S. J., and Fabre-Thorpe, M. (2009). The bear before the forest, but the city before the cars : revealing early object/background processing. *Journal of Vision*, 9, 954.

Crouzet, S. M., Kirchner, H., and Thorpe, S. J. (2010). Fast saccades towards faces : face detection in just 100 ms. *Journal of Vision*, 10, 16.1–17.

Cupchik G., and D. E. Berlyne, (1979), The Perception of Collative Properties in Visual Stimuli, *Scandinavian Journal of Psychology*, 20, pp. 93-104.

Fabre-Thorpe, M., (2011) The characteristics and limits of rapid visual categorization, *Frontiers in Psychology*, *Frontiers*, 2, pp.243.

Fioravanti F, Inchingolo P, Pensiero S, Spanio M (1995) Saccadic eye movement conjugation in children. *Vision Research* 35 :3217-3228.

Fletcher-Watson S, Findlay JM, Leekam SR, Benson V. Rapid detection of person information in a naturalistic scene. *Perception*. 2008;37(4):571-83. Doi : 10.1068/p5705.

Fukushima J, Hatta T, Fukushima K (2000) Development of voluntary control of saccadic eye movements. I. Age-related changes in normal children. *Brain and Development* 22:173-180.

Gardelle, V., & Kouider, S. (2010). How spatial frequencies and visual awareness interact during face processing. *Psychological Science*, 21(1), 58–66.

Gregory, Richard L., (2000), *L'Oeil et le cerveau, la psychologie de la vision*, De Boeck Université, Bruxelles, 2000.

Hegd , J. (2008), Time course of visual perception : coarse-to-fine processing and beyond, progress in neurobiology, 84 (4), 405-39.

Henderson J.M., Hollingworth A. (1999) High-level scene perception. *Annual Review of Psychology* 50 : 243–271.

Herschler, O, Hochstein, S, 2005 "At first sight: a high-level pop-out effect for faces" *Vision Research* 45 1707–1724.

Imbert, M., *Neurophysiologie fonctionnelle IV, Vision*, Paris, Herman, 1987.

Imbert, M., (2006), *Traité du cerveau*, Paris, Odile Jacob, "Sciences".

Ishizu, T., and Zeki, S. (2011), Toward a brain-based theory of beauty. *PLoS ONE* 6 (7).

KaMackworth N.H., Morandi A.J. (1967), The gaze selects informative details within pictures. *Attention, Perception, & Psychophysics* 2 : 547–552.

Jacobsen T., Schubotz R. I., Höfel L. et von Cramon D. Y., (2006), Brain Correlates of Aesthetic Judgement of Beauty, *NeuroImage*, 29, 2006, p.276-285.

Kapoula Z., Vitu F (2000), La lecture et la mobilité du regard. *La Tribune Internationale des Langues vivantes* 28 :10-16.

Kapoula, Z., et Lestocart, L.J., (2006), Perception de l'espace et du mouvement dans Study of a Dog de Francis Bacon, *Intellectica*, 44, pp. 215-226.

Kapoula Z., Bucci M.P., Yang Q., Vernet M., (2009), Eye movements and pictorial space perception : studies of paintings from Francis Bacon and Piero della Francesca, *Cognitive Semiotics*.

Kapoula, Z., Dannys, G., Herbez, O., Menu, M., (2002). Exploration oculomotrice du Réveil-matin de Fernand Léger, *Techne*, n°15, pp. 83-92.

Kapoula Z., Bucci M.P., Yang Q., Vernet M., Lestocart, L.J., « Mouvements des yeux et perception de l'espace pictural : études des peintures de Francis Bacon et Piero della Francesca », *in* Kapoula, Z., et Lestocart, L.J., (dir.), *Esthétique et complexité. Création, expérimentations et neurosciences*, Paris, CNRS éditions, 2011, pp. 303-324.

Kveraga, K., Boshyan, J., et Bar, M. (2007). Magnocellular projections as the trigger of top-down facilitation in recognition, *Journal of neuroscience*, 27 (48), 13232-13240.

Kirchner, H., and Thorpe, S. J. (2006). Ultra-rapid object detection with saccadic eye movements: visual processing speed revisited. *Vision Res.* 46, 1762–1776.

Lachaux, Jean-Philippe, *Le Cerveau attentif*, Paris, Odile Jacob, "Sciences", 2011.

Livingstone, M.S. (2002). *Vision and Art : The Biology of Seeing*, Harry N. Abrams.

Locher, P., et Nodine, C., Does compositional balance influence the perceptual analysis of paintings ?

Locher P., Nodine C., *Symmetry Catches the Eye*, in *Eye Movements: From Physiology to Cognition*, J. K O'Regan and A. Levy-Schoen (eds.), Elsevier, Amsterdam, 1987.

Locher, P. and Nagy, Y. (1996). Vision spontaneously establishes the percept of pictorial Balance, *Empirical Studies of the Arts* 14, 17–31.

Locher P.J. (1996) The contribution of eye-movement research to an understanding of the nature of pictorial balance perception : A review of the litterature. *Empirical Studies of the Arts*.14, 143-163.

Locher P, Smith LF, Smith JK. Original paintings versus slide and computer reproductions : A comparison of viewer responses. *Empir Stud Arts*. 1999 Jul 1 ;17(2) :121–9.

Locher PJ, Smith JK, Smith LF. The influence of presentation format and viewer training in the visual arts on the perception of pictorial and aesthetic qualities of paintings. *Perception*. 2001 Apr 1 ;30(4) :449–465.

Locher, P. Krupinski, E., Mello-Thoms, Nodine, C. (2007) Visual interest in pictorial art during an aesthetic experience *Spatial Vision*.

Locher P, Overbeeke K, Wensveen S (2010) Aesthetic interaction : A framework. *Design Issues* 26 : 70–79.

Luna B., Velanova K. et Geier C., (2008) Development of eye-movement control , *Brain and Cognition*, vol. 68, n° 3, p. 293–308.

Lutz, A., Nassehi, A., Bao, Y., Pöppel, E., Sztróky, A., Reiser, M., et al. (2013). Neurocognitive processing of body representations in artistic and photographic images. *Neuroimage* 66, 288–292. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.10.067.

Macé, M. J.-M., Joubert, O. R., Nespoulous, J.-L., and Fabre-Thorpe, M. (2009). Time-course of visual categorizations: you spot the animal faster than the bird. *PLoS ONE* 4, e5927. doi: 10.1371/journal.pone.0005927.

Mack, A., & Clarke, J. (2012). Gist perception requires attention. *Visual Cognition*, 20(3), 300–327.

Malcolm George, L. et al. « Beyond gist : strategic and incremental information accumulation for scene categorisation », *Psychological online first*, 2014/3.

Massaro, D., Savazzi, F., Di Dio, C. et al. (2012) « When Art Moves the Eyes : A Behavioral and Eye-Tracking Study », dans *PloS ONE*, 7(5): e37285.

Morrison, D.J., Schyns, P.G. (2001) Usage of spatial scales for the categorization of faces, objects, and scenes. *Psychonomic Bulletin & Review* 8, 454–469.

Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.

Nodine, C., (1982) Compositional Design as a Perceptual Determinant of Aesthetic Judgment, *Review of Research in Visual Arts Education*, 15, 1982, p.43-54.

Nodine, C., McGinnis, J., (1983) Artistic style, compopstional design, and visual scanning, *VisualArts Research*, 12.p.1-9.

Nodine, C. F., Locher, P.J., Krupinsk, E.A. (1993). The Role of Formal Art Training on Perception and Aesthetic Judgment of Art Compositions, *Leonardo*, vol.26, 219-227.

Oliva, A. (2005). Gist of the scene. *Neurobiology of attention*, 696,64. Oliva, A., & Torralba, A. (2006). Building the gist of a scene: the roles of global image features in recognition. *Progress in Brain Research*, 155, 23–36.

Quian Quiroga R, Dudley SH, Binnie J. Looking at Ophelia: a comparison of viewing art in the gallery and in the lab. *Adv Clin Neurosci Rehabil*. 2011 Jul 1,11(3):15–18.

Ramachandran, Vilayanur, *The Emerging Mind*, Profile Books, London, 2003.

Ramachandran, Vilayanur, *Le Cerveau fait de l'esprit*, Enquête sur les neurones miroir, Paris, Dunod, "Quai des sciences", 2011

Ramachandran VS, Hirstein W (1999) The science of art : A neurological theory of aesthetic experience. *Journal of Consciousness Studies* 6 6 : 15–51.

Rasche, Christoph and Koch, Christof (2002) *Recognizing the gist of a visual scene: possible perceptual and neural mechanisms*. *Neurocomputing*, 44-46. pp. 979-984.

Salman, M., Sharpe, J. Eizenman M., et Lillakas, L. (2006) « Saccades in children », *Vision Research*, vol. 46, n^{os} 8-9,, p. 1432–1439.

Schyns, P. G., and Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: evidence for time- and spatial-scale-dependent scene recognition. *Psychol. Sci.* 5, 195–200.

Schyns, P. G. (1998). Diagnostic recognition : Task constraints, object information and their interactions. *Cognition*, 67, 147-179.

Schyns, P. G., & Oliva, A. (1999). Dr. Angry and Mr. Smile: When categorization flexibly modifies the perception of faces in rapid visual presentations. *Cognition*, 69, 243-265.

Smith JK, Wolf LF. Issues of Measurement and Evaluation in Art Museum Education. Final Report to the National Endowment for the Arts (New York: Metropolitan Museum of Art). 1993.

Smith JK, Smith LF. Spending time on art. *Empirical Studies of the Arts*. 2001 Jul ; 19(2) : 229–36.

Smith LF, Smith JK, Tinio PP. Time spent viewing art and reading labels. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. 2017 Feb ; 11(1):77.

Tatler (2007) The central fixation bias in scene viewing : Selecting an optimal viewing position independently of motor bases and image feature distributions, *Journal of vision*, 7 (14) : 4.1-17.

Thorpe, S. J., Fize, D., and Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature* 381, 520–522.

Umiltà, M.A., Berchio, C., Sestito M., Freedberg, D., and Gallese, V. (2012) Abstract art and cortical motor activation : An EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6: 311.

Vartanian O. et Goel V., Neuroanatomical Correlates of Aesthetic Preference for Paintings, *NeuroReport*, 15, 2004, p.893-897.

Vernet M., Morize A., Kapoula Z (2018) "Postural and emotional impact of Carsten Höller's artwork "Light Corner"". In Kapoula Z, Volle E, Renoult J, Andreatta M (Eds), *Exploring transdisciplinarity in Art and Sciences*, Springer.

Walker F, Bucker B, Anderson NC, Schreij D, Theeuwes J (2017) Looking at paintings in the Vincent Van Gogh Museum : Eye movement patterns of children and adults. *PLoS ONE* 12(6) : e0178912

Winkielman, P., Halberstadt, J., Fazendeiro, T., Catty Steve (2006). Prototypes are attractive because they are easy on the mind. *Psychological Science*, 17, 799-806.

Yang Q, Bucci MP, Kapoula Z (2002) The latency of saccades, vergence, and combined eye movements in children and in adults. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 43 :2939-2949.

Yang Q, Kapoula Z (2003) Binocular coordination of saccades at far and at near in children and in adults. *Journal of Vision* 3 :554-561.

Yarbus, L. *Eye Movements and Vision*. New York : Plenum Press, 1967. (Translated from Russian by Basil Haigh. Original Russian edition published in Moscow in 1965.)

Zangemeister, W. H., Sherman, K., Stark, L., (1995). Evidence for a Global Scanpath Strategy in Viewing Abstract Compared with Realistic Images. *Neuropsychologia*, vol. 33, 1009-1025.

Zeki, S. (1999). *Inner vision*, Oxford University Press.

Zeki, S. (1999) Art and the brain. *Journal of Consciousness Studies* : Controversies in Science and Humanities 6: 76–96.

Zeki, S. et Kawabata, H. (2004). Neural correlates of beauty. *J Neurophysiol.* 91 :1699-705.

- **PHILOSOPHIE**

Arnheim, Rudolf, *La Pensée visuelle*, Paris, Champs Flammarion, traduit de l'américain par Claude Noël et Marc Le Cannu, 1976. (1ère éd. en anglais en 1969).

Arnheim, Rudolf, *Art and visual perception, A psychology of the creative eye*, University of California Press, 1974.

Arnheim, Rudolf, *The Power of the center, A study of composition in the visual arts*, University of California Press, 1988.

Baumgarten A.G., *Aesthetica*, 1750, S 14, trad.fr. *Esthétique*, L'Herne, 1988

Bourdieu Pierre, *La Distinction*, Paris, Les Éditions de minuit, 1979.

Eco, Umberto, « Sémiologie des messages visuels », dans *Communications*, 1970, traduction d'un chapitre de *La Struttura assente*, Milano, Bompiani, 1968.

Gombrich, E. H., *Histoire de l'art*, Paris, Phaidon, 16^{ème} édition, 2001 (1^{ère} éd. en anglais en 1950).

Gombrich, E. H., *L'Art et l'illusion, Psychologie de la représentation picturale*, Paris, Gallimard, 3^{ème} édition, 1996 (1^{ère} éd. en anglais en 1959).

Gombrich, E. H., *Méditations sur un cheval de bois*, Paris, Phaidon, 2003 (1^{ère} éd. en anglais en 1963).

Hegel, *Esthétique*, Trad. C. Bénard, Livre de poche, Paris, 1995, T. I.

Hegel, *Esthétique*, Trad. C. Bénard, Livre de poche, Paris, 1997, T. II.

Larfouilloux J., *La place de la sculpture dans la pensée philosophique occidentale. Remarques sur la théorie hégélienne de la sculpture*, Dans Rue Descartes 2011/1 (n° 71).

Merleau Ponty, Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Tel Gallimard, 1945.

Montesquieu, *Essai sur le goût*, Edition Payot et Rivages, Paris, 1993.

Montesquieu, *Les Pensées et le Spicilège*, édition établie par Louis Desgraves, Paris, Robert Laffont, coll. « Bouquins », 1991.

O'Regan, J.K., et Noe, A., « A sensorimotor account of vision ans visual consciousness », Behavioral and Brain, *Sciences*, 24, pp. 939-1031, 2001.

Panofsky, Erwin, *Essais d'iconologie*, trad. C. Herbette et B. Teyssèdre, Paris, Gallimard, 1967. (édition en langue anglaise 1939).

Pelletier Jérôme dans Morizot, Jacques et al. *Naturaliser l'esthétique ?* Presses universitaires de Rennes, "Aesthetica", 2014.

Pignocchi, Alessandro, *L'œuvre d'art et ses intentions*, Paris, Odile Jacob, 2012.

Prinz, J. (2014). *Emotion and aesthetic value*. In E. Schellekens & P. Goldie (Eds.), *The aesthetic mind: Philosophy and psychology* (p. 71–88). Oxford University Press.

Varella, Francesco, *The Embodied Mind – Cognitive Science & Human Experience*, MIT Press, 1993.

Wollheim Richard, *L'Art et ses objets*, 1994, trad. Richard Crevier, Aubier (1^{ère} ed. en ang. 1980).

- **ARTS**

Alberti, Léon Battista, *De pictura*, Paris, Allia, 2019.

Alberti, Léon Battista, *De statua*, Roma, Liguori editore, 1999.

Archives Claude Monet, *Correspondance*, Paris, Artcurial, 2006.

Catalogue de l'exposition "Éblouissants reflets, Normandie Impressionniste-Rouen", Éditions de la Réunion des musées nationaux, Musées de la ville de Rouen, avril 2013.

Catalogue de l'exposition « Dynamo, Un siècle de lumière et de mouvement dans l'art », Éditions de la Réunion des musées nationaux, mars 2013.

Lombardo, Giovanni, *L'Esthétique antique*, Paris, Klincksieck, 2011.

Paysant, Michel, *Dessiner avec les yeux*, Paris, Archibooks, 2014.

Signorile, Patricia, *Le cadre de la peinture*, Paris, Éditions KIMÉ, 2009.

Van Lier, Henri, article « Sculpture » de *l'Encyclopaedia Universalis*, édition 1995.

Vinci, Léonard, *La peinture, Écrits et propos sur l'art*, textes réunis, traduits et annotés par André Chastel avec la collaboration de Robert Klein, rédigés entre 1490 et le début du XVI^{ème} siècle, Paris, Hermann, première édition 1964, 2014.

Vitruve, *De Architectura*, livre I, texte établi, traduit et annoté par Philippe Fleury, Paris, Les Belles Lettres, 2003.

Vitruve, *De Architectura*, livre VII, texte établi et traduit par Bernard Liou et Michel Zuinghedau, Paris, Les Belles Lettres, 2003.

Wittkower, Rudolf, *Qu'est-ce que la sculpture ?*, Editions Macula, 1995 (première édition en anglais en 1977).